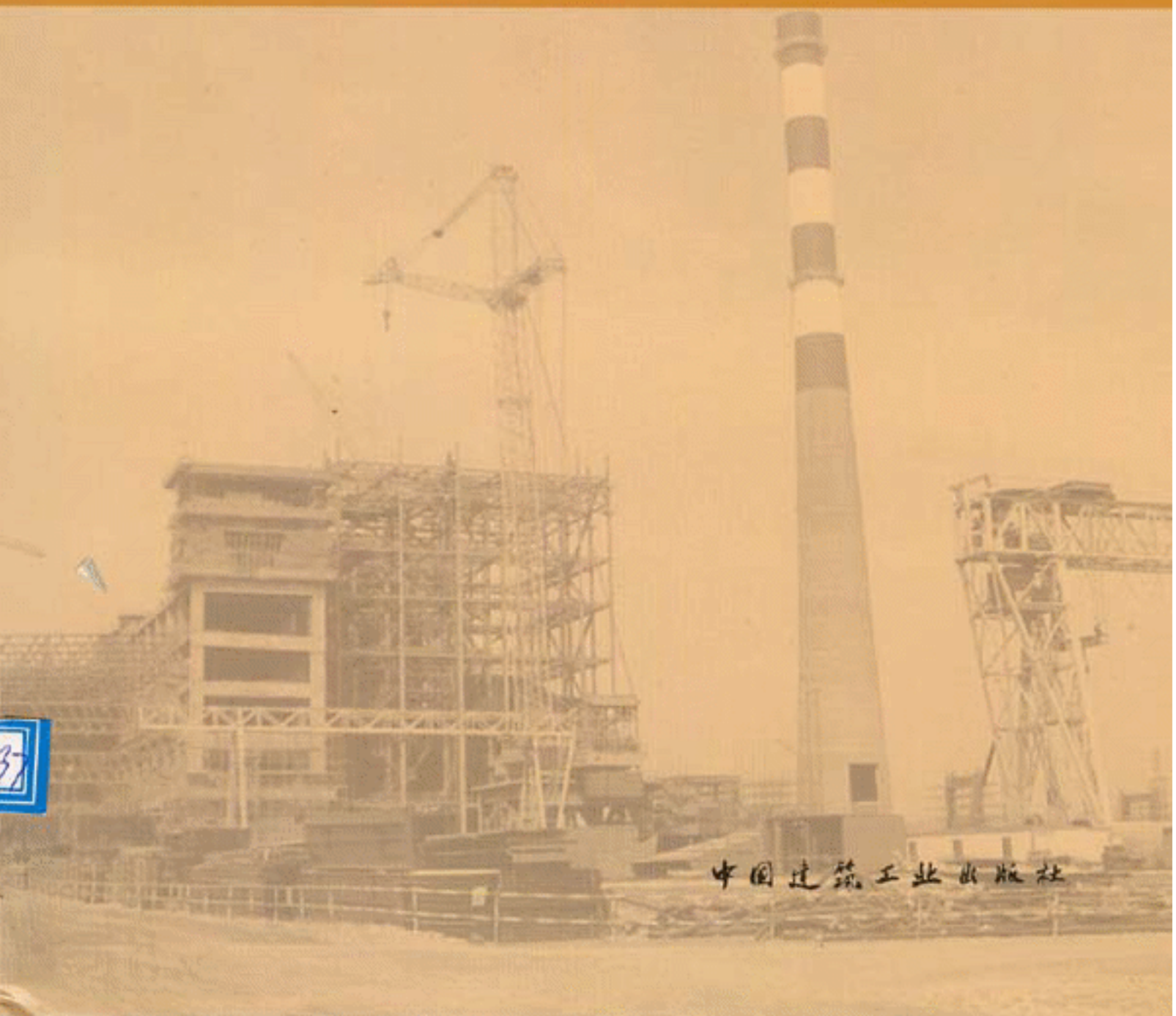


JIANZHU GONGCHENG ANQUAN GUANLI

建筑工程安全管理

赵挺生 李小瑞 邓 明 编著



中国建筑工业出版社

建筑工程安全管理

赵挺生 李小瑞 邓 明 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程安全管理/赵挺生, 李小瑞, 邓明编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2006
ISBN 7-112-08733-3

I. 建… II. ①赵…②李…③邓… III. 建筑工程—安全
管理 IV. TU714

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 119999 号

本书内容包括: 建设工程安全生产法律制度、建设工程事故规律、事故
致因原理、职业安全健康管理、建筑安全生产危险性评价、混凝土建筑
施工短暂状况分析及已有建筑安全管理等。

本书可供土木工程专业、工程管理专业学生及建筑安全管理人员学习
参考。

* * *

责任编辑: 郇锁林
责任设计: 董建平
责任校对: 邵鸣军 张虹

建筑工程安全管理

赵挺生 李小瑞 邓明 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天成排版公司制版

印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 $\frac{1}{4}$ 字数: 270 千字

2006 年 11 月第一版 2006 年 11 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 20.00 元

ISBN 7-112-08733-3
(15397)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

据统计,近年来我国每年发生各类事故 100 万起以上,死亡 13 万人以上。其中,一次死亡 10~29 人的特大事故,平均 3 天一起;一次死亡 30 人以上的特别重大事故,平均 30 天一起。建筑业作为仅次于煤矿的第二大事故行业,从业人员近 4 千万人。房屋建筑与市政工程年均发生事故 1260 起,死亡 1318 人,其中三级以上重大事故年均 40 起,死亡 170 人。如 2003 年 10 月 7 日,广东省江门市新会区益华广场中庭施工过程中坍塌,造成 16 人死亡,5 人重伤;2005 年 9 月 5 日,北京市西城区西西工程 4 号项目工地,施工人员在浇筑混凝土时,模板支撑系统坍塌,造成 8 人死亡,21 人受伤;2005 年 12 月 14 日,石家庄桥东污水处理厂“污泥消化池”在施工过程中坍塌,造成 6 人死亡。建筑安全事故不仅造成重大经济损失和人身伤亡,而且,影响伤亡职工家属的生存,危及和谐社会建设。

各类事故的频发,受到社会各界、政府的广泛关注。我国先后颁布实施《建筑法》、《安全生产法》、《建设工程安全生产管理条例》等一系列法律、规章制度,安全生产形势有了明显好转。事故是人的不安全行为、物的不安全状态与管理不善所造成的,为实现生产、生活活动安全,必须保持人的安全性、物的安全状态的持续性。实现这一目标,需要有完善的法律、法规,全社会成员的安全生产科学知识、安全意识、安全风险识别、应对技能的提高,才能建立安全生产的长效机制。为此,本书按建筑生命全过程的安全管理与控制理论方法,本着建筑工程施工伤害事故是可以预防、减少的,通过有效管理可以实现零伤害的目标思想进行编写,从建筑安全生产的形势,了解建筑事故发生演变规律,把握建筑安全事故的发生发展趋势;从建设工程安全生产法律制度,认识建筑安全生产管理中相关主体、人员应负的责任;从建设工程事故规律性,认识某一事故的偶发性与事故发生的统计必然性;从事故致因原理,认识人的本质安全性对安全生产的影响,认识人—机械—环境—管理在事故发生过程中的相互作用;从职业安全健康管理,了解建筑安全生产的系统管理思想;从建筑安全生产危险性评价,了解建筑工程安全生产危险因素的识别、分析和评价方法;从混凝土建筑施工短暂状况分析,认识混凝土建筑施工过程的时变特性及其对建设安全的影响;从已有建筑安全管理,了解保障现有建筑安全的维修管理方法。

本书由赵挺生(第 1~7 章)、李小瑞和邓明(第 8 章)共同编写,最后由赵挺生统稿。编写过程中引用了很多兄弟单位的科研成果和文献,得到很多同行专家的支持,在此深表谢意。本书可作为有关建筑安全方面的专业人员、土木工程专业学生学习参考。

本书的内容和观点,未必妥当,甚至错误,敬请同行专家和读者批评指正。

目 录

1	绪论	1
1.1	安全与安全科学技术	1
1.2	安全科学研究方法	5
1.3	安全科学发展趋势	6
1.4	安全科学促进技术科学发展	8
1.5	世界各国安全生产状况与管理	10
2	建设工程安全生产法律制度	27
2.1	安全生产管理基本制度	28
2.2	《中华人民共和国安全生产法》概要	30
2.3	《建设工程安全生产管理条例》概要	36
2.4	国家突发公共事件应急机制	42
3	建设工程事故规律	46
3.1	事故的统计特性	46
3.2	建设工程事故与环境	47
3.3	高处坠落事故与环境	50
4	事故致因原理	54
4.1	连续事件理论	54
4.2	能量理论	59
4.3	轨迹交叉理论	61
4.4	人机环理论	61
4.5	人本安全事故致因理论	66
4.6	事故致因理论的相互联系	70
4.7	典型事故案例分析	71
5	职业安全健康管理	74
5.1	职业健康安全管理体系原理	75
5.2	管理工具	80
5.3	建设工程施工现场安全生产保证体系	84

6	建筑安全生产危险性评价	87
6.1	建设工程安全生产危险因素识别	87
6.2	建设工程危险因素分析评价	92
6.3	建设工程安全生产与安全检查	94
7	混凝土建筑施工短暂状况分析	97
7.1	时变结构分析方法	97
7.2	时变结构承载机理	98
7.3	施工时变结构特征参数识别	98
7.4	简化分析模型	100
7.5	钢筋混凝土结构楼板承担施工荷载规律	105
8	已有建筑安全管理	112
8.1	建筑物全寿命管理	112
8.2	建筑物管理机构设置	113
8.3	建筑物实物资产管理	115
8.4	建筑物的技术管理	118
8.5	建筑物修理管理	133
8.6	建筑事故管理	139
8.7	建筑物事故案例研究	142
附录一	建设工程安全生产管理条例	145
附录二	建筑施工安全检查标准 JGJ 59—99	154
参考文献		172

1 绪 论

1.1 安全与安全科学技术

直观地讲,安全即免受伤害;而人员或财产遭受损失的可能性,则称为危险。安全科学技术是指技术应用过程中的可能危险的产生、控制以及消除的系统理论、方法与技术。它是随着人类生产生活活动的发展而发展起来的,目的是应对自然灾害、人为灾难给人类所带来的物质损失以及人身伤害。如,早期人类搭建楼宇、修筑宫殿时,采用冬季洒水致冰的方法搬运物料,不仅减轻人类的劳动强度,同时减低伤害事件的发生;古代生产、狩猎工具的革新,也是逐步发展完善的;古代战争兵器矛与盾,即是保护自身安全的实用技术。公元前 989 年,北宋建筑学家喻皓主持建造了杭州梵天寺塔和汴京开宝寺灵威木塔,木塔高 11 层,建造中在每一层塔体周围设置一圈帷幕加以遮挡,起安全网作用,保证建造安全。1637 年,宋应星在编著的《天工开物》一书中,详尽记载了处理矿内瓦斯和顶板的安全技术,指出“初见煤端时毒气灼人,有将巨竹凿去中节,尖锐其末,插入炭中,其毒烟从竹中透出”;采煤时“其上支板,以防亚崩耳。凡煤炭取空而后,以土填实其井”。这一时期,人们对安全的认识是盲目的,出于保护自身不被伤害的生物本能,逐渐摸索出实用方法。从某种意义上讲,这是现代建造与矿业安全工程的雏形。

到了工业革命(蒸汽机时代,17 世纪到 20 世纪初)时期,蒸汽机的发明给人类发展提供了新的动力,机器大量应用,人类从繁重的体力劳动中解脱出来,劳动生产率空前提高。但是,劳动者在自己创造的机器面前,致死、致伤、致病、致残的事故频繁发生,促使人们重视安全工作。针对机器存在的不安全因素,相继发明了各种防护装置、保险措施、信号系统以及预防性机械强度检验方法等。同时,许多国家制定了一些有关劳动安全方面的法律和改善劳动条件的有关规定。如美国麻省于 1867 年通过了工厂检查员的法律,法国北部联邦于 1869 年制定了工作灾害防止法案等。法律的约束使资本家不得不拿出一定资金来改善工人的劳动条件,同时也需要一些工程技术人员、专家和学者研究生产过程中的不安全和不卫生问题,许多国家也先后出现了防止生产事故和职业病的保险基金等组织,并资助建立无利润的科研机构。如德国于 1863 年建立的威斯特伐利亚采矿联合保险基金会,1887 年建立公用工程施工事故共同保险基金会和事故共同保险基金联合会等,1871 年德国政府建立研究噪声与振动,防火与防爆,职业危害防护理论与组织等内容的科研机构,1890 年荷兰国防部支持建立了以研究爆炸预防技术与测量仪器,以及参加国际爆炸危险物质鉴定为宗旨的荷兰应用科学研究工业技术实验室。这一时期,可以称为工厂安全科学技术的诞生期,是现代工厂安全工程的雏形。

到了 20 世纪初,随着工业的不断发展,人们除了注意对工业卫生和职业病的防治外,同时从设备与劳动者生理和心理因素两方面组织生产中的安全工作,由此,产生了研究人

与机器、环境关系的人机工程学。此后，随着工业技术的发展，工业生产过程、规模逐渐向集成化、连续化、大型化发展，安全事故的后果日益严重，如 1986 年 4 月 25 日，前苏联切尔诺贝利核电站的 4 号动力站开始按计划进行定期维修，然而由于连续的操作失误，4 号站反应堆状态十分不稳定，于 4 月 26 日凌晨 1 点 23 分，发生爆炸，如图 1-1 所示。随着爆炸声，一条 30 多米高的火柱掀开了反应堆的外壳，冲向天空。反应堆的防护结构和各种设备整个被掀起，高达 2000℃ 的烈焰吞噬着机房，熔化了粗大的钢架。携带着高放射性物质的水蒸气和尘埃随着浓烟升腾、弥漫，遮天蔽日。虽然事故发生 6min 后消防人员就赶到了现场，但强烈的热辐射使人难以靠近，只能靠直升飞机从空中向下投放含铅 (Pb) 和硼 (B) 的砂袋，以封住反应堆，阻止放射性物质的外泄。

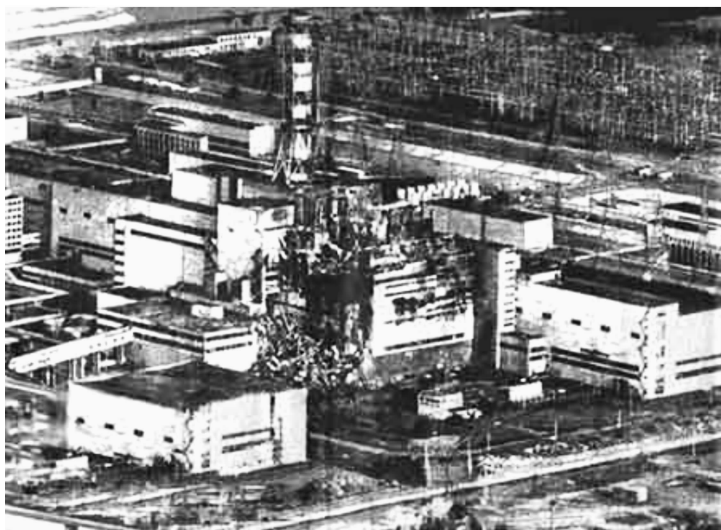


图 1-1 切尔诺贝利核电站事故

切尔诺贝利核电站事故带来的损失是惨重的，爆炸时泄漏的核燃料浓度高达 60%，直至事故发生 10 昼夜后反应堆被封存，放射性元素一直超量释放。事故发生 3 天后，附近的居民才被匆匆撤走，但这 3 天的时间已使很多人饱受了放射性物质的污染。在这场事故中当场死亡 2 人，至 1992 年，已有 7000 多人死于这次事故的核污染。这次事故造成的放射性污染遍及前苏联 15 万平方公里的地区，那里居住着 694.5 万人。由于这次事故，核电站周围 30km 范围被划为隔离区，附近的居民被疏散，庄稼被全部掩埋，周围 7km 内的树木都逐渐死亡。在日后长达半个世纪的时间里，10km 范围以内将不能耕作、放牧；10 年内 100km 范围内被禁止生产牛奶。不仅如此，由于放射性烟尘的扩散，整个欧洲也都被笼罩在核污染的阴霾中。临近国家也检测到超常的放射性尘埃，致使粮食、蔬菜、奶制品的生产都遭受了巨大的损失。核污染给人们带来的精神上、心理上的不安和恐惧更是无法统计。事故发生后的 7 年中，有 7000 名清理人员死亡，其中 1/3 是自杀。参加医疗救援的工作人员中，有 40% 的人患了精神疾病或永久性记忆丧失。时至今日，参加救援工作的 83.4 万人中，已有 5.5 万人丧生，7 万人成为残疾，30 多万人受放射伤害死去。

切尔诺贝利核电站反应堆事故直接损失高得 120 亿美元。

1986年1月28日美国挑战者号航天飞机，发射后73s，7名宇航员遇难，直接损失12亿美元，如图1-2所示。2003年2月1日，美国“哥伦比亚”号航天飞机在重返地面的过程中突然解体失事，航天飞机上7名宇航员全部遇难，如图1-3所示。



图 1-2 挑战者航天飞机起飞后在空中爆炸

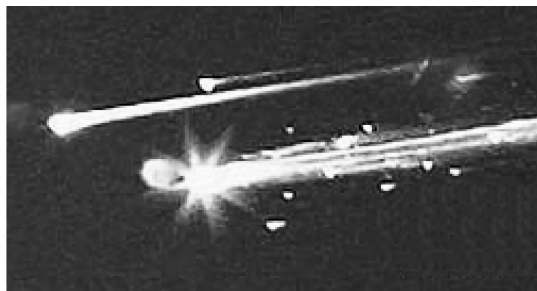


图 1-3 哥伦比亚号航天飞机返回途中空中爆炸

美国“哥伦比亚”号航天飞机事故调查委员会公布最终调查报告认定，造成“哥伦比亚”号航天飞机失事的罪魁祸首除了技术问题，就是美国航空航天局管理人员安全意识不强、时间压力大、资金短缺等方面的因素。造成“哥伦比亚”号航天飞机失事的直接原因是该航天飞机2003年1月发射升空81.7s后，外挂燃料箱外表面脱落一块泡沫材料的撞击，导致航天飞机左翼前缘的热保护系统形成裂孔。2月1日，航天飞机重返大气层时，超高温气体得以从裂孔处进入“哥伦比亚”号机体，造成航天飞机解体。管理人员习惯性地吧航天飞机脱落泡沫材料视为“正常现象”，没有对“哥伦比亚”号进行跟踪摄像，因此未能及时发现并解决问题，最终导致悲剧的发生。

鉴于现代化复杂系统的失效所造成的巨大灾难，世界各国对安全科学技术的研究与应用给予了很大重视。例如，为了核电厂的安全，各国从核电厂的设计、管理、国家级的应急计划，形成了一整套科学、可行的方案，成为核安全的根本保障。1988年国际原子能机构出版《核电厂基本安全原则》一书，使全世界的核电厂安全管理及安全运行提高到了新的水平，树立安全是核电厂的生命的意识和观念，没有安全就没有核电厂的正常运转。由此，形成了基于复杂大系统安全的系统安全工程。

与此同时，世界各国加强了安全立法，防止事故的发生，并建立安全研究组织与研究机构。例如，据1977年初步统计，德国有36所安全研究机构，英国有44所，美国有31所，法国46所，荷兰13所等。同时，各国相继在高等院校开设安全工程、工业卫生工程、系统安全、防火技术等安全类专业，设立附属研究机构。如英国伯明翰市阿斯顿大学设立安全与卫生系，其研究计划涉及危害的概念、控制方法及其效果、确定与测定危险与安全程度、特殊危害测定、各种事故营救与急救方法、职业危害防护的理论与组织、职业事故的理论分析、预防事故的经济观点和职业病理学等。安全工程科学开始步入以安全为目标的系统工程时期，标志着安全系统科学的诞生。表1-1列出了安全科学技术发展的四个主要阶段及其特点。

安全科学技术是伴随人类社会发发展完善的，是以相互独立的实用技术的形式出现，随着电气化时代大的生产系统、技术系统的出现而发展并成熟的。安全科学的诞生，以1973年美国出版的《安全科学文摘》正式提出“安全科学”的概念为标志，从此，安全科学进入了创立与发展时期。1981年德国安全专家库赫曼发表《安全科学导论》专著；1990年9月在德国科隆举行了第一次世界安全科学大会；1991年1月中国劳动保护学会创办《中国

安全科学学报》；1991年5月出版14年之久的国际刊物《职业事故》杂志在荷兰宣布改名为《安全科学》，使安全进入了科学的殿堂。

安全科学发展的四个主要阶段

表 1-1

阶段	时代	技术特征	认识论	方法论	安全科学的特点
I	工业革命前	农牧业及手工业	宿命论	无能为力	人类对于自然与人为的灾害与事故只能是被动的承受
II	17~20世纪初	蒸汽机时代	局部安全	亡羊补牢, 事后型	建立在事故与灾难的经验上的局部安全意识
III	20世纪初~20世纪50年代	电气化时代	系统安全	综合对策及系统工程	建立了事故系统的综合认识, 认识到人、机、环、管综合要素
IV	20世纪50年代以来	信息化时代	安全系统	本质安全化, 预防型	从人与机器和环境的本质安全入手, 建立安全的生产系统

与此同时, 我国国家《学科分类与代码》(GB/T 13745—92)将安全科学技术列为一级学科; 该学科由6个二级学科, 29个三级学科组成, 如表1-2所示。高等院校三级学位教育确立。

我国安全科学技术学科分类及代码(GB/T 13745—92)

表 1-2

一级学科		二级学科		三级学科	
代码	名称	代码	名称	代码	名称
620	安全科学技术	620.10	安全科学技术基础学科	620.1010	灾害物理学
				620.1020	灾害化学
				620.1030	灾害学
				620.1040	灾害毒理学
				620.1099	安全科学技术基础学科其他学科
		620.20	安全学	620.2010	安全系统学
				620.2020	安全心理学
				620.2030	安全模拟与安全仿真学
				620.2040	安全人机学
				620.2050	安全经济学
				620.2060	安全管理学
				620.2070	安全教育学
				620.2099	安全学其他学科
		620.30	安全工程	620.3010	消防工程
				620.3020	爆炸安全工程
				620.3030	安全设备工程
				620.3040	安全电气工程
				620.3050	部门安全工程
				620.3099	安全工程其他学科
		620.40	职业卫生工程	620.4010	防尘工程
				620.4020	防毒工程
				620.4030	生产噪声与振动控制
				620.4040	个体防护
				620.4099	职业卫生工程其他学科
		620.50	安全管理工程	620.5010	安全信息工程
				620.5020	风险评价与失效分析
				620.5030	工业灾害控制
				620.5040	安全检测与监控技术
				620.5099	安全管理工程其他学科
620.99	安全科学技术其他学科				

1.2 安全科学研究方法

安全科学研究技术应用中的可能危险产生的安全问题。它既不涉及军事或社会意义的安全或保安，也不研究与疾病有关的安全，这些领域的安全问题与应用技术无关，也不是由应用技术而引起。安全科学的最终目的是将应用技术所产生的任何损害后果控制在绝对的最低限度内，或者至少使其保持在可容许的限度内。即，保障人的安全，避免财产损失，保护环境，以系统为对象进行预测研究。

安全科学是集人一机—环境于一体的复杂系统，事故是人—机—环境系统出现异常状况的结果，安全科学需要研究这个系统中的“人”子系统、“机器”子系统和“环境”子系统及其相互作用，如图 1-4 所示，可以采用系统论模型进行分析研究。

在人—机—环境系统中，各个子系统在内容上具有相对独立性，子系统之间进行着信息、能量的相互交换，存在着相互作用和相互联系。按照考察的范围，这样的人—机—环境系统也可以分为局部(企业内部的)的人—机—环境系统，区域的人—机—环境系统和全球的人—机—环境系统，如图 1-5 所示。

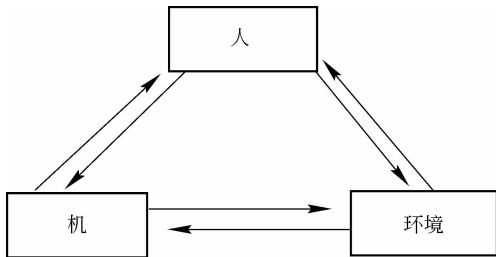


图 1-4 人一机—环境系统示意图

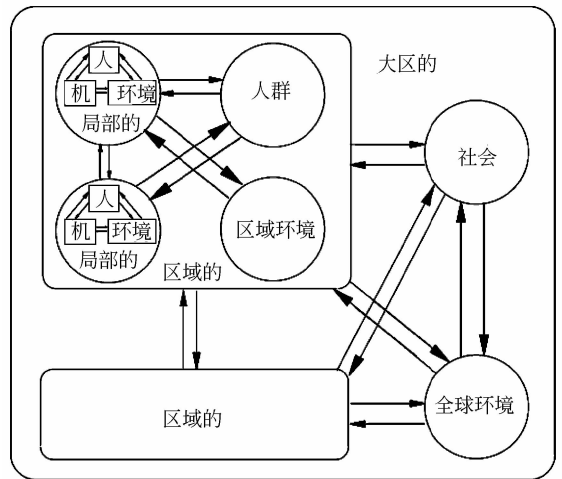


图 1-5 人一机—环境系统内局部的、区域的和全球的作用范围间的联系

局部范围是指在家庭、交通和生产过程中，人和技术装备直接接触，也即企业或公司内部的范围。安全科学技术研究的对象是单个的人—机—环境系统，危害控制的手段包括由政府机构实施的许可程序，以及法律规定的有关装备(包括生产系统)的技术要求和安全措施。在局部的人—机—环境系统中的事故，可能源于局部环境或外部环境的干扰，也可能源于操作人的操作失误，或机器、生产系统的设计、制造、安装上的缺陷，以及人机、人环境或机环境子系统的失调。

区域范围的人—机—环境系统的特点在于社区和社会的基础结构、区域的环境应力状况以及气候条件等，它直接影响其内的局部范围内的人—机—环境的性能；反过来，局部

的人—机—环境系统的性能直接决定区域的人—机—环境的性能。安全科学技术需要对区域内已有的或处于规划阶段的生产技术系统、技术装备的性能以及他们对人—机—环境中各子系统的影响进行研究。通过采用先进的技术、对区域内的生产技术系统和技术装备科学合理地规划避免危害。

在大区域范围内，要考虑一个国家所倡导或已应用的任何技术、目前的工艺技术水平、人机学状况、工作场所的安全以及环境保护等问题。大区域范围反过来影响区域和局部范围内的人—机—环境系统的结构和性能，进而决定大区域范围社会总的危害因素及大小。因此，大区域范围安全科学技术及其对象应纳入科学技术发展规划范畴，通过鼓励和促进先进生产技术、限制落后的生产技术，提高局部范围的人—机—环境系统的性能，进而改善大区域的安全技术状况。

对于全球范围而言，没有一个组织可以直接对各个国家的生产技术系统和技术装备性能进行干预，然而，由于全球自由贸易的发展，通过贸易壁垒来影响和促进世界各国、各个生产企业对人—机—环境系统的关注而改善，成为促进全球人—机—环境性能的重要手段。政府、企业在世界范围进行采购活动时，通过要求生产国、企业通过 ISO 14000 环境体系管理标准、ISO 9000 质量管理体系标准、OSHA 18000 职业健康安全管理体系标准以及 SA 8000 社会责任国际管理体系标准认证，来促使各个区域的人—机—环境性能的改善，进而改进全球的人—机—环境性能。

通常采用以下两类系统分析方法对人—机—环境系统的安全性进行研究：①经验的系统分析方法：通过统计或经验的手段，对已发生的事故进行分析，确定人—机—环境系统的危险度及其属性。②理论的系统分析：依据人—机—环境系统内不同组元间的相互作用，从理论上推断系统的危险度，包括可能事故的理论分析。

1.3 安全科学发展趋势

安全科学的根本目标是保护人的生命安全和健康和财产安全，而最重要的是保障人的生命安全和健康。这一目标的实现，需要国家、社会、企业的共同努力。

(1) 国家

国家在保障人的生命健康安全和财产安全方面的作用是用法律制度约束企业、劳动者的行为，保障企业具备安全生产的环境条件，员工具有安全生产的基本技能。国家的约束是强制性的，违者将受到法律的惩罚。

(2) 社会

社会包括国际社会如国际非政府组织、国际劳工组织等，以及媒体、社团协会等非政府机构。社会在保障人的生命健康安全和财产安全方面，起监督、宣传作用。监督、揭露那些违背安全生产法律制度的生产行为，宣传安全生产知识等。

(3) 企业

企业是安全生产的主体，为企业员工职业安全与健康提供经济、技术、设施与环境保护。企业法人作为企业资源控制人，其对安全生产的态度，决定着企业生产安全状况。只有企业法人的积极参与，才能有效地保障企业安全生产的长治久安。员工是企业安全生产过程的直接参与者，遵章守纪，严格按安全生产操作技术规程作业，是员工的

1.4 安全科学促进技术科学发展

在人类进步和社会发展过程中，事故或失败给人类社会带来了巨大损失，是应当避免的，但由于人类认识的局限性，有时也是无法避免的。但“失败是成功之母”。通过从失败中学习，不仅可以避免类似事故的发生，而且，也会促进科学技术的进步。下面是几个对技术进步作出巨大贡献，使社会得到发展的非常典型的事故案例。

案例 1 塔科马桥跨塌事故

1940 年，美国华盛顿州的塔科马新建了一座索桥。当时，由于美国经济长期不景气，无法对社会资本的扩充以及地区振兴投入大批预算资金。在这样的情况下，人们对价格便宜而且跨距较长的索桥技术充满了期待。可是这座被称为塔科马桥的大索桥，建成才四个月就被风速达 19m/s 的阵风彻底摧毁了。

塔科马桥是由当时活跃在索桥设计第一线的莫塞夫设计的。这座大桥之所以轻易地被摧毁，是由阵风引起的自感应振动造成的。这种现象当时并不为人们了解。风的旋涡摇动桥梁桁架，引起桥梁共振而破坏，如图 1-8 所示。

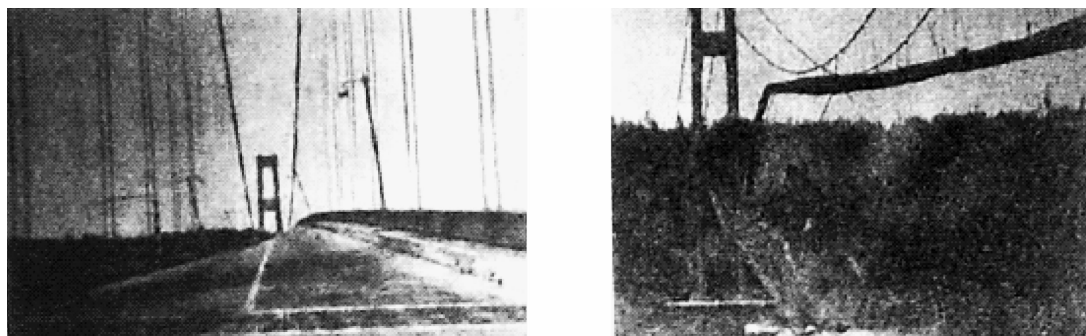


图 1-8 塔科马桥风致共振破坏

当时，在大桥建成之后，有关人员大桥的振动感到好奇，于是当时正在进行风洞模型试验的华盛顿大学的考尔森博士和他的研究小组，就在该大桥上安装了摄像机进行监视。这样，塔科马桥风致共振而破坏的过程，就被记录在 16mm 的磁带上，保留了下来。

通过对塔科马大桥破坏过程记录的分析以及以后的风洞试验，当时人们尚未知晓的索桥自感应振动的机理被弄明白了。由此，促进了索桥技术的飞跃发展。现在世界各地已建成成千上万座索桥，成为现代化城市的一道亮丽风景，桥的跨度已超过百米，可以承受高达 80m/s 的飓风，如日本建成的明石海峡大桥等。

案例 2 喷气式客机德哈维兰-彗星式飞机事故

喷气式客机德哈维兰-彗星式飞机最初问世时，名噪一时，于 1952 年开始商业飞行。仅过了两年，即 1954 年，就有两架在飞行途中相继爆炸，引起媒体的高度关注，作了纪实性报道。彗星式飞机是由英国政府主导，从 1942 年着手开发的客机，英国政府把英国

航空业的腾飞寄托在它身上。着力于喷气式客机开发和研究的德哈维兰公司，正式参与了这项开发。这种飞机时速可达 800km，具有高速、低振、低噪声等优点，得到英国 BOAC 航空公司的正式使用。到 1953 年，即发生事故的前一年，共有 47 架彗星式喷气客机飞翔在世界各地的蓝天上。

1954 年 1 月，在意大利中部埃尔巴岛的海上，发生了首次事故。之后不久，于同年 4 月发生了第二次事故，这次事故是在意大利南部的斯特朗玻璃岛海上发生坠落事故。此后，彗星式客机的飞行被全面停止。当时的英国首相邱吉尔指示“就是把英格兰银行的金库掏空，也要彻底搞清事故的原因”，这个有关英国政府声誉的调查正式开始了。

事故的原因在于当时尚未知晓的金属疲劳的机理。在高空，机体内外压力之差非常大，飞机的机体所承受的负荷远远超过地面。德哈维兰公司考虑到了这个压力差，也作了疲劳试验，定性为没有问题，然而，试验中还进行了耐压试验，机体受压抑止了疲劳裂缝的开展，试验得出了相当于实际寿命十倍以上错误结论。

现在只要是承受动力荷载的结构、机械、设施都要模拟运行条件，进行疲劳试验，由此保证不会因疲劳而破坏。美国波音公司的成功，正是受益于彗星式喷气客机失败的教训，及时把高空中的金属疲劳技术用于飞机的设计，从而席卷了此后的飞机市场。

案例 3 美国“解放号”万吨运输船事故

在第二次世界大战期间，美国制造了大量被称为“解放号”的万吨运输船。制造这些船，采用了高效的焊接技术，共建造了 4700 艘。但在这些船使用后的 1941~1946 年间，先后发生了一连串破坏性事故。约四分之一的船只(1200 艘)船体遭到某种形式的破坏，其中 230 艘因损坏严重而不能使用或沉没。严重的船体发生断为两截的极端例子。一个共同的特点，是这些事故均发生于北太平洋，且多发生于严寒的季节。

为查明原因，展开了大规模的调查研究。作为物理性的问题，发现有焊接缺陷以及金属冷脆等问题。特别是金属的低温冷脆是主要原因。在焊接以前，用的是铆接技术，铆钉孔可以防治龟裂的伸展，而这些用钢板焊接制造的船，不能象铆接那样抑止龟裂的伸展。

冷脆作为钢铁类黑色金属的物理特性，当时并不被人们认识。钢作为铁和碳的合金，是强度很高的金属，受力之后，它内部可以伸缩，通过伸缩分散外力，保持强度。然而，钢的这种特性只是在摄氏零度以上才有，当温度降到摄氏零度以下后，就会失去这个特性，若在低温情况下受力，力无法得到分散，会被轻易折断，这就是钢的低温冷脆现象。“解放号”船的事故，受到了广泛关注，低温冷脆现象被人们所认识，并促进了金属材料加工技术的发展。

案例 4 Harbour Cay 多层板柱建筑施工倒塌事故

Harbour Cay 为一五层板柱混凝土建筑，标准层结构平面如图 1-9 所示，内柱尺寸为 250mm×460mm，A 列和 K 列边柱为 250mm×300mm，板厚度为 200mm，层高 2.6m。

采用飞模模板支撑，设三层木支柱。于 1981 年 3 月 27 日浇筑顶层混凝土时发生整体倒塌事故，如图 1-10 所示。

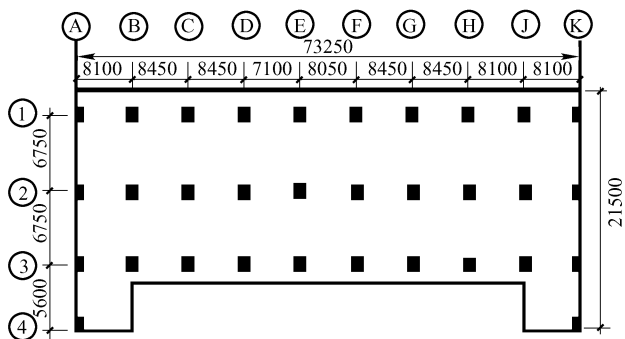


图 1-9 Harbour Cay 板柱建筑平面示意

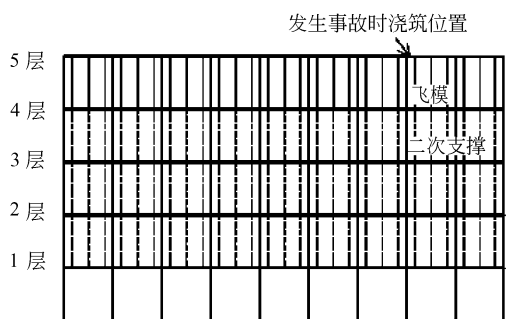


图 1-10 Harbour Cay 板柱建筑倒塌时的状态

事故的发生引起美国土木工程领域专家学者的关注，作了大量分析研究工作，表明混凝土建筑施工期间，作为材料性质、结构形状随时间变化的时变结构，不同于已建成的设计建筑结构。施工期混凝土楼板承担的施工荷载是随施工进展而不断累积的，并可能超过楼板的设计荷载，引起垮塌事故的发生。尽管早在 1952 年，Nielson 就注意到了混凝土建筑施工期间所表现出的特殊性，1963 年 Grundy 和 Kabaila 提出施工期间板柱建筑结构简化分析方法，并被美国混凝土协会(ACI347—88)推荐在混凝土工程中使用，但未引起研究以及施工专业人员的关注，Harbour Cay 事故的发生，把人们从睡梦中惊醒，混凝土建筑施工期间受力性能再次受到关注，并研究出了多种简便的分析方法，为保证混凝土建筑施工安全作出了贡献。

1.5 世界各国安全生产状况与管理

1.5.1 加拿大

(1) 事故状况

加拿大的职业安全与健康状况经历了几次波动。从统计数据看，20 世纪 60 年代至 70 年代，职业伤亡一直处于上升趋势，成为意外事故高发期，1970 年伤亡总数近 100 万人，到 20 世纪 80 年代初期达最高峰，年伤亡总数超过 121 万人。1983 年后出现稳定下降趋势，1983 年伤亡总数下降到 100 万人以下。虽然 1984 年后有些反弹，但 1993 年后一直稳

定在 80 万人。伤害率成为近年来关注的焦点。2001 年工伤死亡人数超过 900 人，意味着每个工作日有 4 人死亡，如图 1-11 所示。每年有近 375000 人受工伤。其中年轻人在工作中受伤比例最高，时间损失的事故发生率最高。2001 年几乎 28% 的事故赔偿发生在 15~29 岁的年轻工人中，其中时间损失伤害男性是女性的两倍。如果将直接与间接损失加在一起，全年职业伤害赔偿经济损失达 98 亿美元，占 GDP 的 1.4%。

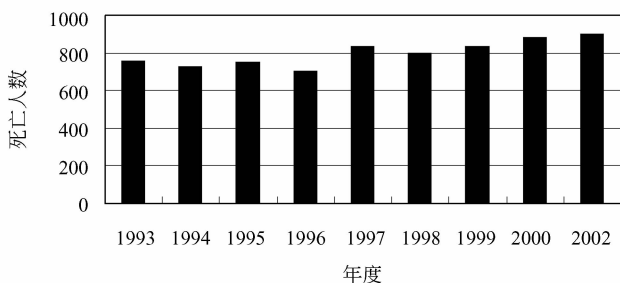


图 1-11 加拿大历年事故死亡人数统计

(2) 职业安全健康管理

加拿大职业安全与健康管理体系比较健全，联邦政府主要负责所管辖行业内的职业安全与健康，管理机构为人力资源开发部内的劳工局和卫生部，主要职责是制定职业安全与健康方面的法律法规。各省及地区都设有地方劳工局，主要负责本省职业安全与健康工伤赔偿、救护及医疗服务。

加拿大职业安全与健康法规体系有其各自管辖范围，联邦管辖内的行业实行联邦职业安全与健康法规，各省及地区都制定有各自的职业安全与健康法规，某些行业也制定具有本行业特点的职业安全与健康规程。

各种行业安全与健康协会并存，其中工业事故预防协会(IAPA)是加拿大最大的安全与健康组织，成立于 1917 年，成员单位约 47000 个，工人已超过 1500 万人，在预防工作场所伤害和疾病、改善安全与健康状况方面起着重要作用。

在企业内推行职业安全与健康责任管理系统，有效降低了意外事故的发生率，达到了预防的功效。

在全国实行工作场所监控预警，即危险物质信息系统。主要包括警戒标志、安全物质清单和工人培训项目。警戒标志、安全物质清单统一由加拿大卫生部管理。

企业都制定了工作场所的意外事故救援计划，随时应急救援。

1.5.2 英国

英国是最早实现工业化的国家，早在 150 多年前，就制定了有关生产安全与健康的规章。1974 年，在总结以往有关生产安全与健康法律法规的基础上，英国颁布了《职业安全与健康法》，其现有的生产安全与健康的管理系统、制度和科研框架就是根据这个法律建立健全的。

1974 年《职业安全与健康法》执行以来，英国在职业安全与健康方面取得了长足的进步，1981 年职业事故死亡人数为 441 人，2002 年下降到 226 人，下降了近一半。每 10 万人死亡率，1981 年为 2.1，2003 年仅为 0.7，如图 1-12、图 1-13 所示(注：在此处的死亡人数和死亡率统计中，未包含自雇人员的伤亡数据)。英国已是世界上安全与健康记录最