



“十二五”国家重点图书出版规划项目

公共安全应急管理丛书

突发事件及其链式效应 理论研究和应用

袁宏永 苏国锋 陈建国 陈 涛
李 藐 盖程程 邵 荃 赵全来◎著

 科学出版社



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十二五”国家重点图书出版规划项目



公共安全应急管理丛书

突发事件及其链式效应 理论研究与应用

袁宏永 苏国锋 陈建国 陈 涛 李 藐 盖程程 邵 荃 赵全来 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在充分调研和总结现有研究工作的基础上,针对突发事件及其链式效应的理论与应用进行的研究,内容包括突发事件链式效应理论研究、突发事件链式效应案例分析和突发事件链式效应应用研究。具体分为:建立突发事件结构模型、建立突发事件链式效应解析模型;以 Na-tech 事件为例进行链式效应案例分析;在突发事件应急平台模型应用领域,提出基于动态网络模型组合方法的模型链构建方法等。

本书可供高校和科研院所公共安全学科或其他相关学科的师生和研究人员,以及各级政府应急机构、大型企业的工作人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

突发事件及其链式效应理论研究与应用 / 袁宏永等著. —北京:科学出版社, 2016

(公共安全应急管理丛书)

ISBN 978-7-03-041054-2

I. ①突… II. ①袁… III. ①突发事件—公共管理—研究 IV. ①D035

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 127169 号

责任编辑:石 卉 陈会迎 / 责任校对:鲁 素

责任印制:张 倩 / 封面设计:无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 5 月第 一 版 开本:720 × 1000 1/16

2016 年 5 月第一次印刷 印张:19

字数:383 000

定价:118.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

丛书编委会

主 编

范维澄 教 授 清华大学
郭重庆 教 授 同济大学

副主编

吴启迪 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部
闪淳昌 教授级高工 国家安全生产监督管理总局

编 委 (按姓氏拼音排序)

曹河圻 研究员 国家自然科学基金委员会医学科学部
邓云峰 研究员 国家行政学院
杜兰萍 副局长 公安部消防局
高自友 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部
李湖生 研究员 中国安全生产科学研究院
李仰哲 局 长 国家发展和改革委员会经济运行调节局
李一军 教 授 国家自然科学基金委员会管理科学部
刘 克 研究员 国家自然科学基金委员会信息科学部
刘铁民 研究员 中国安全生产科学研究院
刘 奕 副教授 清华大学
陆俊华 副省长 海南省人民政府
孟小峰 教 授 中国人民大学
邱晓刚 教 授 国防科技大学
汪寿阳 研究员 中国科学院数学与系统科学研究院
王飞跃 研究员 中国科学院自动化研究所
王 垒 教 授 北京大学
王岐东 研究员 国家自然科学基金委员会计划局
王 宇 研究员 中国疾病预防控制中心
吴 刚 研究员 国家自然科学基金委员会管理科学部
翁文国 教 授 清华大学
杨列勋 研究员 国家自然科学基金委员会管理科学部
于景元 研究员 中国航天科技集团 710 所

张	辉	教	授	清华大学
张	维	教	授	天津大学
周	晓林	教	授	北京大学
邹	铭	副	部	长 民政部

总 序

自美国“9·11事件”以来，国际社会对公共安全与应急管理的重视度迅速提升，各国政府、公众和专家学者都在重新思考如何应对突发事件的问题。当今世界，各种各样的突发事件越来越呈现出频繁发生、程度加剧、复杂复合等特点，给人类的安全和社会的稳定带来更大挑战。美国政府已将单纯的反恐战略提升到针对更广泛的突发事件应急管理的公共安全战略层面，美国国土安全部2002年发布的《国土安全国家战略》中将突发事件应对作为六个关键任务之一。欧盟委员会2006年通过了主题为“更好的世界，安全的欧洲”的欧盟安全战略并制订和实施了“欧洲安全研究计划”。我国的公共安全与应急管理自2003年抗击“非典”后受到从未有过的关注和重视。2005年和2007年，我国相继颁布实施了《国家突发公共事件总体应急预案》和《中华人民共和国突发事件应对法》，并在各个领域颁布了一系列有关公共安全与应急管理的政策性文件。2014年，我国正式成立“中央国家安全委员会”，习近平总书记担任委员会主任。2015年5月29日中共中央政治局就健全公共安全体系进行第二十三次集体学习。中共中央总书记习近平在主持学习时强调，公共安全连着千家万户，确保公共安全事关人民群众生命财产安全，事关改革发展稳定大局。这一系列举措，标志着我国对安全问题的重视程度提升到一个新的战略高度。

在科学研究领域，公共安全与应急管理研究的广度和深度迅速拓展，并在世界范围内得到高度重视。美国国家科学基金会（National Science Foundation, NSF）资助的跨学科计划中，有五个与公共安全和应急管理有关，包括：①社会行为动力学；②人与自然耦合系统动力学；③爆炸探测预测前沿方法；④核探测技术；⑤支持国家安全的信息技术。欧盟框架计划第5~7期中均设有公共安全与应急管理的项目研究计划，如第5期（FP5）——人为与自然灾害的安全与应急管理，第6期（FP6）——开放型应急管理系统、面向风险管理的开放型空间数据系统、欧洲应急管理信息体系，第7期（FP7）——把安全作为一个独立领域。我国在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》中首次把公共安全列为科技发展的11个重点领域之一；《国家自然科学基金“十一五”发展规划》把“社会系统与重大工程系统的危机/灾害控制”纳入优先发展领域；国务院办公厅先后出台了《“十一五”期间国家突发公共事件应急体系建设规

划》、《“十二五”期间国家突发事件应急体系建设规划》、《“十二五”期间国家综合防灾减灾规划》和《关于加快应急产业发展的意见》等。在 863、973 等相关科技计划中也设立了一批公共安全领域的重大项目和优先资助方向。

针对国家公共安全与应急管理的重大需求和前沿基础科学研究的需求,国家自然科学基金委员会于 2009 年启动了“非常规突发事件应急管理研究”重大研究计划,遵循“有限目标、稳定支持、集成升华、跨越发展”的总体思路,围绕应急管理中的重大战略领域和方向开展创新性研究,通过顶层设计,着力凝练科学目标,积极促进学科交叉,培养创新人才。针对应急管理科学问题的多学科交叉特点,如应急决策研究中的信息融合、传播、分析处理等,以及应急决策和执行中的知识发现、非理性问题、行为偏差等涉及管理科学、信息科学、心理科学等多个学科的研究领域,重大研究计划在项目组织上加强若干关键问题的深入研究和集成,致力于实现应急管理若干重点领域和重要方向的跨域发展,提升我国应急管理基础研究原始创新能力,为我国应急管理实践提供科学支撑。重大研究计划自启动以来,已立项支持各类项目八十余项,稳定支持了一批来自不同学科、具有创新意识、思维活跃并立足于我国公共安全核应急管理领域的优秀科研队伍。百余所高校和科研院所参与了项目研究,培养了一批高水平研究力量,十余位科研人员获得国家自然科学基金“国家杰出青年科学基金”的资助及教育部“长江学者”特聘教授称号。在重大研究计划支持下,百余篇优秀学术论文发表在 SCI/SSCI 收录的管理、信息、心理领域的顶尖期刊上,在国内外知名出版社出版学术专著数十部,申请专利、软件著作权、制定标准规范等共计几十项。研究成果获得多项国家级和省部级科技奖。依托项目研究成果提出的十余项政策建议得到包括国务院总理等国家领导人的批示和多个政府部门的重视。研究成果直接应用于国家、部门、省市近十个“十二五”应急体系规划的制定。公共安全和应急管理基础研究的成果也直接推动了相关技术的研发,科技部在“十三五”重点专项中设立了公共安全方向,基础研究的相关成果为其提供了坚实的基础。

重大研究计划的启动和持续资助推动了我国公共安全与应急管理的学科建设,推动了“安全科学与工程”一级学科的设立,该一级学科下设有“安全与应急管理”二级学科。2012 年公共安全领域的一级学会“(中国)公共安全科学技术学会”正式成立,为公共安全领域的科研和教育提供了更广阔的平台。在重大研究计划执行期间,还组织了多次大型国际学术会议,积极参与国际事务。在世界卫生组织的应急系统规划设计的招标中,我国学者组成的团队在与英、美等国家的技术团队的竞争中胜出,与世卫组织在应急系统的标准、设计等方面开展了密切合作。我国学者在应急平台方面的研究成果还应用于多个国家,取得了良好的国际声誉。各类国际学术活动的开展,极大地提高了我国公共安全与应急管理在国际学术界的声望。

为了更广泛地和广大科研人员、应急管理工作者以及关心、关注公共安全与应急管理问题的公众分享重大研究计划的研究成果，在国家自然科学基金委员会管理科学部的支持下，由科学出版社将优秀研究成果以丛书的方式汇集出版，希望能为公共安全与应急管理领域的研究和探索提供更有力的支持，并能广泛应用到实际工作中。

为了更好地汇集公共安全与应急管理的最新研究成果，本套丛书将以滚动的方式出版，紧跟研究前沿，力争把不同学科领域的学者在公共安全与应急管理研究上的集体智慧以最高效的方式呈现给读者。

重大研究计划指导专家组

序 言

随着人类社会的发展和自然生态环境的变化,各种自然和人为的灾害性突发事件不断发生并呈现上升趋势。在城镇化进程中,各类突发事件除直接造成人员伤亡外,对能源、交通、生命线工程等系统的破坏也日益成为社会关注的焦点。各种灾害性突发事件持续对人类的生存与发展带来挑战,并有使风险增加的趋势。突发事件的次生衍生现象是其复杂性的典型呈现。

大量案例研究表明,突发事件在发生发展演化进程中,常常会从一个初始原生事件,逐渐演变成具有次生衍生灾害的复杂事件,自然、社会、人为因素以不同形式作用其中。突发事件的作用形式和内容不断发生变化,造成的后果和伤害也持续蔓延、扩大,呈现出典型的耦合、转化、持续演进的特征。更有甚者,次生衍生事件的后果和应对的难度甚至超过原始初始事件本身,大大增加了人们预防、应对、控制突发事件的工作的复杂性和难度。同时,一些次生衍生事件常常具有隐蔽性,由于依赖某些触发要素与环境条件,其在一定时间内可能处于隐性孕育和潜伏状态,并非直观显性存在,决策者很难及时预知或判断到次生衍生事件的发生,一旦处理不当或疏忽麻痹,就可能造成无法挽回的严重后果和生命、财产损失。

到目前为止,虽然针对单一事件演化规律及其灾害性后果评估的研究已经较多,但对事件之间次生衍生的关系的研究相对薄弱,对其机理和规律认识不足,研究的理论方法和技术手段尚不完善,对次生衍生事件及其后果进行早期预测、事先控制、评估风险等仍然缺乏行之有效的方法,实际应急工作中更多依靠经验性判断。因此,针对这些复杂现象所蕴含的科技问题进行研究显得非常重要和紧迫。突发事件次生衍生的情形存在哪些偶然性与必然性?有哪些核心的控制要素和环境条件需要关注?是否存在具有一定普适性的理论方法,能够对这些突发事件的次生衍生特征、机理进行解析、表述甚至预测?这些都是公共安全科技工作者必须面对的问题。

该书提出,研究突发事件的这些复杂现象,需要具有总体安全观和系统风险观,将原生事件及其次生衍生事件作为一个整体进行考虑。国际上,用于描述这些现象的理论方法包括了多米诺效应(Domino effect)和自然灾害触发技术灾难研究(natural and technological disasters, Na-tech)模型。国内也有学者从灾害链的角度研究自然灾害之间的内在联系和互相诱发机理。该书作者经过近十年的探

索和积累,提出对突发事件发生发展的致灾体、承灾体、孕灾体和相互作用等要素进行分析,并尝试用一种通用的链式关系理论来揭示和阐述这种突发事件间的关联效应。该书从泛化理论的角度对突发事件进行了阐述和表达,构建了体现致灾体、承灾体、孕灾体及其相互作用四要素的链式效应解析模型;提出了 Na-tech 类型事件链的风险分析方法;将事件链以模型链的形式应用到决策支持系统中,提出了应急系统的模型链构建方法。

由于各类突发事件之间的关系非常复杂,存在大量耦合性问题、不确定性问题,任何想完整、全面阐释这种关系的工作都是极为困难的。该书提出的方法对解决这些难题是一种有益的探索,对分析次生衍生事件及其影响后果具有相当价值。我愿意将该书推荐给本领域的学者、研究人员和研究生阅读,也希望该书作者们继续孜孜以求,在突发事件链式关系研究中不断取得新的进展。

中国工程院院士

范维澄

2014 年 5 月 1 日

前 言

2005 年 11 月 13 日，吉林石化公司双苯厂一车间发生爆炸，约 100t 苯类物质流入松花江，造成江水严重污染，沿岸数百万居民的生活受到影响。由于该河最终注入黑龙江（俄罗斯称阿穆尔河），这一事件还使我国与相邻国家的关系受到了考验。这是一个典型的灾害次生衍生的问题。从过去到现在，类似的情况非常多，如 2008 年雨雪冰冻灾害引起的大面积停电、停水、停气、交通运输问题、农林生产损失等，2008 年汶川地震造成的滑坡、泥石流、堰塞湖问题、基础设施损毁等，2011 年日本“311”地震引发的海啸、福岛核泄漏事故等，屡见不鲜、不胜枚举。直到现在，我们仍然难以对这些次生衍生事件及其后果进行有效的预测应对。

从这些现象中可以看出，在突发事件发展演化的进程中，由原始事件引发了一系列次生衍生事件，从而使灾害的作用形式、范围和后果等扩大化，更有甚者，次生衍生事件的后果甚至超过原始事件本身的危害性。次生衍生事件的存在，大大增加了灾害性突发事件预测和应对工作的复杂性和难度。一旦处理不当或疏忽大意，未能及时预知或判断出次生衍生事件的发生，就可能造成严重的后果和损失。因此，针对这些现象所蕴含的科技问题进行研究非常重要和紧迫。事件次生衍生的情形存在哪些偶然性与必然性？有哪些核心的控制要素和环境条件？是否有一种理论方法能够对这种事件次生衍生的特征及机理进行解析、表述甚至预测？

国际上，用于描述这些现象的理论方法包括多米诺效应和自然灾害触发技术灾难研究模型。同时，国内也有学者从灾害链的角度研究自然灾害之间的内在关联和互相诱发机理。在这些方法的基础上，本书通过对突发事件发生发展的致灾体、承灾体、孕灾体和相互作用等本质要素进行分析，试图用一种更通用的链式关系理论来揭示和阐述这种突发事件间的客观存在的关联效应。

经过长期的思考和研究，在国家“十一五”科技支撑计划项目系列课题和国家自然科学基金委员会重大研究计划重点项目（91024024）的支持下，终于形成了本书的核心内容。首先，本书从泛化理论的角度进行阐述、剖析和表达，从致灾体、承灾体、孕灾体和相互作用等要素与环节对事件链式发展的本质进行解构，构建了链式效应的解析模型；其次，提出 Na-tech 类型事件链的风险分析和引发风险评估方法；最后，将事件链的应用转化为在决策支持系统中的模型链关系，提出了在应急系统中建立单体灾害模型关联的模型链方法。

由于突发事件（灾害）之间的关系非常复杂，有时还存在大量的耦合性和不确定性问题，任何想完整、全面阐释这种关系的尝试都是极为困难的，本书希望能为解决这些难题提供有益的思路和方法。感谢我们的同事、学生对本书内容的贡献，以及我们的同行以不同形式给予的支持，使得本书终于能够成稿出版。本书能给对本领域感兴趣的读者带来收获和启迪，或者在实际突发事件应对中有所借鉴，将是我们最大的心愿。

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	突发事件及其链式效应介绍	1
1.2	突发事件作用机理研究	6
1.3	突发事件链式效应研究	8
1.4	基于应急平台体系的链式效应构建方法研究	16
第 2 章	突发事件的结构分析	25
2.1	概述	25
2.2	突发事件共性分析与事件描述	26
2.3	突发事件的构成模式	30
2.4	突发事件的元作用	32
2.5	结构模型的数学描述	37
2.6	突发事件的层次性	41
2.7	小结	44
第 3 章	突发事件的作用过程分析	46
3.1	概述	46
3.2	承灾体的完好度	46
3.3	突发事件的作用强度	51
3.4	承灾体的脆弱性	58
3.5	小结	65
第 4 章	突发事件的链式效应分析	67
4.1	概述	67
4.2	突发事件的次生衍生特性	68
4.3	突发事件链式效应规律	71
4.4	小结	77
第 5 章	基于链式效应的 Na-tech 事件演化规律及风险分析方法研究	78
5.1	概述	78
5.2	相关案例	78
5.3	Na-tech 事件关联度分析建模	81
5.4	Na-tech 事件演化规律与风险分析方法	96

5.5 小结	110
第 6 章 Na-tech 事件风险评估	112
6.1 概述	112
6.2 地震引发的 Na-tech 事件风险评估	112
6.3 洪水引发的 Na-tech 事件风险评估	132
6.4 雷电引发的 Na-tech 事件风险评估	148
第 7 章 基于链式效应的应急平台模型链构建方法	163
7.1 概述	163
7.2 突发事件模型的表示方法	163
7.3 模型信用值的评价方法	187
7.4 基于动态网络组合方法的模型链构建方法	210
7.5 基于模型链构建方法的模型库系统设计	232
第 8 章 总结与展望	257
8.1 总结	257
8.2 展望	258
参考文献	260
附录 典型突发事件要素分析	276

第1章

绪 论

1.1 突发事件及其链式效应介绍

近年来，随着人类社会的发展，人们的居所、活动逐渐集中化，社会流动性和复杂性空前提高，人类社会内部自身矛盾呈现逐渐加剧的趋势。另外，随着社会生产规模的日益膨胀，生产活动对自然环境的破坏日益严重，地球面临气候变暖、臭氧层破坏、生物多样性减少、森林锐减、土地荒漠化、大气污染等问题，各类突发事件频繁发生，造成重大影响与损失的突发事件层出不穷。各类“天灾人祸”导致严重的人员伤亡、财产损失与社会秩序的破坏，极大影响和阻碍了社会的正常发展。

通常，突发事件指那些突然发生的，已经造成或者可能造成严重社会危害的，需要采取应急措施予以处置的事件。按照事件的发生原因与造成的影响，突发事件可分为自然灾害、事故灾难、公共卫生和社会安全事件四大类。近年来，随着现代化、工业化、城市化和全球化进程的加快，重大自然灾害发生的频率越来越高，影响的范围越来越大，造成的社会经济损失日趋严重；各类事故灾难事件层出不穷；重大卫生事件时有发生；恐怖主义活动日益猖獗^[1,2]。

如何科学应对和及时、有效地处置突发事件，是当今各国政府必须面对的一个重大课题。突发事件应急管理工作已经引起了世界各国社会与学术界的广泛关注。据统计，我国每年突发事件高达120万起，造成至少20万人死亡，170万人（次）伤残，200万户家庭因此陷入贫困，2亿人（次）受到不同程度的影响，直接损失达3000亿元人民币以上^[3]。

以下是近年来存在事件链式效应造成重大影响的典型突发事件。

1. 日本海啸

2011 年 3 月 11 日 13 时 46 分,日本本州岛仙台港以东 130km 处发生里氏 9.0 级地震。地震造成了震区内建筑物倒塌、道路损毁、城区火灾、交通中断、基础设施破坏等一系列的事件。但由于震中离陆地尚有数百公里的距离,虽然震级很高,但地震直接造成的破坏并不特别严重。但是,由于地震发生于海中,引发了大规模的海啸,据日本官方监测人员借助事后调查手段确认,浪高最高的巨浪登陆岩手县大船渡市,浪高一度达到 23.6m。海浪高度远超防护标准,对沿海地区造成了巨大的破坏。海浪冲毁了沿岸地区的机场、火车站、炼油厂、公路等设施,以及无数的房屋,甚至将轮船冲上了陆地。地震和海啸的影响主要集中在日本最大岛——本州岛的东北地区,该区经济约占日本国民生产总值的 6%。这次地震和海啸造成灾难性的破坏,造成数以万计的人员伤亡、多个市镇被摧毁。虽然本次地震与海啸事件已经造成巨大的破坏,但随后引发的福岛核电站泄漏事故将影响范围进一步扩大。地震发生导致核电站外部电源被破坏,随之而来的海浪又使得核电站所有的备用电源毁坏,使得核电站反应堆冷却系统失灵,最终导致了放射性物质的外泄。核泄漏事故导致了严重的空气、水域、土壤污染,其对生态环境的作用是一个长期的过程,全世界都会受到泄漏事件的影响。本次事件中,地震引发了海啸,对沿岸地区造成了严重破坏,并导致了在世界范围内产生严重影响的核电站事故。

2. 美国暴风雪

2011 年 2 月,一场席卷 30 个州,横跨三千多公里的暴风雪袭击了美国。部分地区积雪厚度超过 50cm,导致不少建筑物出现险情。暴风雪导致路面积雪过厚,冻雨又导致了道路路面结冰,大批车辆和人员被困于公路。受暴风雪拖累,多家汽车制造厂暂时关闭,不少地区的粮食、家畜运输陷于停滞。严寒天气损及部分农作物,造成葡萄柚、巴伦西亚橙等作物减产^[4]。本次事件中,暴风雪产生的积雪、大雾,以及冻雨造成的道路结冰,使得车辆被困,车祸不断,公路、铁路交通中断;暴风雪过程中持续的恶劣天气使得航班取消,航空运输停滞;暴风雪对部分电厂造成损坏,使得电厂停电,电力供应不足,导致停电事故,更使得部分工厂暂时停工、学校停课;严寒天气更对农业生产造成严重影响。部分区域轮流停电,数百万个家庭不得不面对暂时断电的窘境。

3. 墨西哥湾漏油事件

2010 年 4 月 20 日,位于墨西哥湾的英国石油公司所属的一个名为“深水地平线”的外海石油钻井平台发生故障,甲烷泄漏,进而引起大火并发生爆炸,钻井平台很快陷入火海中,大多数工人用救生艇撤离或由直升机救起,但仍然导致 11 人在爆炸中死亡,17 人受伤。多艘船只努力扑灭大火,但没有成功。钻井台燃

烧后约 36h, 最终于 4 月 22 日早上沉没。人们发现在沉没当日的下午 1 时钻井平台底部油井开始漏油, 并持续蔓延。英国石油公司估计, 每天平均有 12 000~100 000 桶原油泄漏到墨西哥湾, 在最坏的情况下达到每日泄漏 162 000 桶 ($25\,800\text{m}^3/\text{a}$) 原油的泄漏量。卫星图像显示, 浮油覆盖区域长 160km, 最宽处达 72km, 至少 2500km^2 的海水被原油污染。4 月 29 日, 浮油当晚抵达美国路易斯安那州海岸, 美国政府全面介入救灾。事故发生后, 英国石油公司数次封堵漏油的努力均告失败, 直到 9 月 18 日才宣布完成从底部灌注水泥封堵墨西哥湾油井的工作。墨西哥湾漏油事故发生后, 附近大范围海域的水质受到原油污染, 鱼类、鸟类、其他海洋生物和植物等 656 类物种受到极其严重的影响。美国政府 11 月的调查报告指出, 哺乳动物中有 6104 只鸟类、609 只海龟、100 只海豚死亡。路易斯安那州、密西西比州和阿拉巴马州等沿海各州的渔业与旅游业受到严重打击^[5]。海水中的原油甚至会随着洋流对世界上其他许多地方的海域产生影响。本次事件中, 石油钻井平台的甲烷气体泄漏导致了爆炸与大火, 引起了钻井平台的沉没, 进而发生了大规模的原油泄漏; 泄漏的原油污染了大范围的海域, 对墨西哥湾海域及沿岸的生态环境造成了严重的影响; 随着生态的恶化以及原油扩散范围的增大, 墨西哥湾沿岸各州的渔业与旅游业受到严重打击, 更严重的是, 处置措施的不当引发了严重的政治、经济及外交事件。

4. 吉化双苯厂爆炸事件

2005 年 11 月 13 日, 位于吉林省吉林市的中国石油吉林石化公司双苯厂一车间发生连续爆炸。苯、苯胺、硝基苯、二甲苯等苯类污染物发生泄漏, 约 100t 污染物流入该车间附近的第二松花江 (即松花江的上游), 造成水质污染。随着污染物逐渐向下游移动, 松花江九站断面 5 项指标全部检出以苯、硝基苯为主的污染物, 即松花江水质遭到污染。由于松花江是黑龙江省省会哈尔滨市的饮用水水源, 江水被污染引发了重大的饮用水安全问题。哈尔滨市政府决定自 2005 年 11 月 23 日起在全市停止供应自来水, 这在哈尔滨的历史上尚属首次。停水之后, 苏家屯断面 (哈尔滨市饮用水源取水口上游 16km 处) 硝基苯浓度在 24 日 18 时为 0.4417mg/L , 超标 25 倍; 19 时为 0.5177mg/L , 超标 29.45 倍; 25 日零时为 0.5805mg/L , 超标 33.15 倍, 达到最大值。此外, 由于松花江最终注入国际河流黑龙江 (俄罗斯称阿穆尔河), 这一事件还使我国与相邻国家的关系遭受考验, 引发了重大的外交纠纷^[6]。本次事件中, 化工厂的爆炸事故导致了有毒污染物的泄漏, 继而对松花江造成了污染, 污染物的扩散引发了饮用水安全事件以及严重的外交事件。

5. “9·11”恐怖袭击事件

美国东部时间 2001 年 9 月 11 日上午 (北京时间 9 月 11 日晚上), 19 名恐怖分子劫持了 4 架民航客机。劫机者将其中两架飞机分别撞向纽约世界贸易中