

► 谢科范 陈刚 吴倩 刘嘉 / 著

非常规突发事件的 集群决策

FEICHANGGUI
TUFASHIJIAN DE JIQUN JUECE



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

► 国家自然科学基金资助项目成果（项目编号：90924010）

非常规突发事件的 集群决策

FEICHANGGUI
TUFASHIJIAN DE JIQUN JUECE

谢科范 陈刚 吴倩 刘嘉 / 著



知识产权出版社
全国百佳图书出版单位

内容提要

本书系国家自然科学基金重大研究计划培育项目的研究成果,论述非常规突发事件的概念与分类分级,非常规突发事件的特征,非常规突发事件集群决策原理以及心理行为,非常规突发事件集群决策的集结原理及博弈原理,不同团队结构下非常规突发事件集群决策的模型,非常规突发事件集群决策的系统模拟等。书中含有日本海啸、中国温州动车组事故、海上石油泄漏、矿难、地铁建设事故、电力系统事故等大量案例分析。

责任编辑:江宜玲

责任出版:刘译文

图书在版编目(CIP)数据

非常规突发事件的集群决策/谢科范,陈刚,吴倩,刘嘉著. —北京:
知识产权出版社,2013.11

ISBN 978-7-5130-2399-3

I. ①非… II. ①谢… ②陈… ③吴… ④刘… III. ①突发事件—应急对策 IV. ①X4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第264018号



非常规突发事件的集群决策

FEICHANGGUI TUFA SHIJIAN DE JIQUN JUECE

谢科范 陈刚 吴倩 刘嘉 著

出版发行: 知识产权出版社

社 址: 北京市海淀区马甸南村1号

网 址: <http://www.ipph.cn>

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

责编电话: 010-82000860 转 8339

印 刷: 知识产权出版社电子制印中心

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

版 次: 2013年11月第1版

字 数: 167千字

ISBN 978-7-5130-2399-3

邮 编: 100088

邮 箱: bjb@cnipr.com

传 真: 010-82000507/82000893

责编邮箱: jiangyiling@cnipr.com

经 销: 新华书店及相关销售网点

印 张: 10.25

印 次: 2013年11月第1次印刷

定 价: 38.00元

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题,本社负责调换。

前 言

研究非常规突发事件应对的集群决策行为，并在此基础上凝炼非常规突发事件应对的集群决策法则，对提高突发事件的科学、集成、快速和有效应对能力，有重要的实践意义。由于非常规突发事件应对的集群决策行为目前国内外研究尚不足，关于集群决策法则的研究更鲜见，再加上这一论题有丰富的理论拓展空间，因而对非常规突发事件集群决策行为的研究具有重要的理论意义。

本书是我们承担的国家自然科学基金重大研究计划培育项目“非常规突发事件应对的集群决策行为与法则研究”（项目编号：90924010）的部分研究成果，主要涉及非常规突发事件的判别，非常规突发事件应对集群决策的框架、原理、数学模型与法则；还有关于动车组事故、地铁施工事故、液氨泄漏等方面的大量案例分析。课题的部分中间成果已在国内外相应的刊物上发表，或进入了部分课题组成员的学位论文中；部分内容收入本书，本书对这些内容进行了改进和深化。

本书在课题中间研究成果的基础上，新增了以下创新点：（1）提出了非常规突发事件判断的三角形模型；（2）剖析了预测应对和情景应对的信息特征，并提出了预测应对与情景应对的耦合策略；（3）提出了突发事件决策团队风险偏好的单向影响效应；（4）提出了非常规突发事件个体决策心理行为为的四因素分析范式；（5）识别了企业风险、危险、危机、突发事件与非常规突发事件之间的关系；（6）提出了非常规突发事件应急预案的“224”框架。

参加本项目的成员还有：熊伟、陈龙、赵娟、马圆圆、覃蕾、李金龙等；赵湜、蔡文静、纪超、吴志伟等参加了课题的前期研究。

目 录

第 1 章 非常规突发事件概论	(1)
1.1 突发事件的内涵	(1)
1.2 非常规突发事件的界定	(3)
1.3 非常规突发事件的甄别：案例分析	(5)
1.4 非常规突发事件的情景演化	(17)
第 2 章 非常规突发事件的集群决策原理	(26)
2.1 非常规突发事件集群决策的基本原理	(26)
2.2 非常规突发事件应对的敏捷决策原理	(30)
2.3 非常规突发事件集群决策的询议决模式	(34)
第 3 章 非常规突发事件集群决策的信息行为	(43)
3.1 非常规突发事件的信息强度演化	(43)
3.2 非常规突发事件应急决策的信息效应	(46)
3.3 非常规突发事件集群决策的信息控制系统	(49)
3.4 非常规突发事件集群决策的信息控制模式	(52)
3.5 网络舆情突发事件集群决策的信息控制	(55)
3.6 非常规突发事件集群决策信息行为的案例分析	(68)
第 4 章 非常规突发事件集群决策的主体行为	(73)
4.1 非常规突发事件集群决策中的个体行为	(73)

4.2	非常规突发事件集群决策的跨领域专家知识集成	(79)
4.3	非常规突发事件集群决策专家共识快速达成模式	(94)
4.4	基于快速德尔菲法的非常规突发事件集群决策平台	(110)
第5章	非常规突发事件集群决策的群体行为模型	(120)
5.1	非常规突发事件集群决策群体行为的动态博弈	(120)
5.2	非常规突发事件集群决策群体行为的计算实验仿真	(125)
5.3	非常规突发事件集群决策中的意见分化与收敛	(128)
第6章	非常规突发事件应对的法则	(140)
6.1	非常规突发事件应对预案的操作法则	(140)
6.2	非常规突发事件应对决策行为的优化法则	(142)
6.3	非常规突发事件应对管理体系的优化法则	(144)
6.4	HML“11.1”液氨泄漏事故应急决策案例	(147)
参考文献		(155)

第1章 非常规突发事件概论

1.1 突发事件的内涵

目前,我国正处于突发事件的多发期,各种自然灾害和群体性社会事件频发。这些突发事件的形态、性质、影响程度异于、甚于以往。如:2008年6月28日的贵州瓮安事件,因部分群众对一名女学生的死因鉴定结果不满,引发大规模人群聚集围堵县政府,致使少数不法分子乘机打砸抢;2008年7月3日的陕西府谷事件,当地一村民驾驶农用货车,为逃避检查跳入黄河溺亡,部分民众包围警察,并掀砸警车;2008年7月19日的云南孟连事件,胶农聚集并与民警冲突,41名公安民警和19名胶农在冲突中受伤,民警使用防暴枪自卫导致2名胶农死亡。这些群体性社会事件的性质不同于以往,带来了严重的社会影响。在此背景下,非常规突发事件对应急管理的理论与实践提出了挑战,特别是对突发事件应对的决策体系提出了要求:一方面,非常规突发事件缺乏前例参照,早期信息暴露不足,预案准备不充分,因此迫切需要集思广益,吸纳更多的意见作为决策参考;另一方面,由于非常规突发事件的应对时间紧迫,不允许决策者们花很多时间进行过多协商与论证,因而需要进行速决或边议边决。

突发事件,一般指突然发生的意外事件,其内涵包括以下三个方面:①发生的突然性,指在短时间里突然发生或在没有防备时出人意料地发生;②变化不确定性,即突发事件发生以后,其当前状况及未来变化缺乏信息参照而使其发生的现状、原因与走势不明了;③损害性,即突发事件可能给人们和社会带

来经济上、精神上或其他方面的损失、损害或其他不利后果。

根据 2007 年 11 月 1 日起施行的《中华人民共和国突发事件应对法》(中华人民共和国主席令第 69 号, 2007) 的规定, 突发事件是指突然发生, 造成或者可能造成严重社会危害, 需要采取应急处置措施予以应对的自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件。具体为: ①自然灾害类。主要是指地质灾害、水旱灾害、气象灾害, 以及森林火灾和重点生物灾害等, 如 2004 年印度洋地震海啸、1999 年 9 月 21 日中国台湾“9·21”大地震、2008 年中国南部雪灾、2010 年甘肃舟曲特大泥石流灾害、2013 年东莞特大冰雹事件等。②事故灾难类。主要指重大交通运输事故、各类重点生产安全事故、造成重大影响和损失的城市突发性事故、核辐射事故、重大环境污染和生态破坏事故等, 如 2008 年 11 月 15 日杭州地铁工地塌陷事故、2009 年山西“2·22”特大矿难、2010 年大连输油管道爆炸与原油泄漏事件、2011 年 12 月 29 日温州动车组事故、2011 年徐州特大交通事故等。③公共卫生事件类。主要指突然发生, 造成或可能造成社会公共健康严重损害的重大传染病疫情、群体性不明原因疾病、重大食物和职业中毒, 以及其他严重影响公众健康的事件, 如 1996 年日本“O-157”大肠杆菌群体感染事件, 1999 年发生于比利时、荷兰、法国、德国等国家的二噁英污染食品事件, 2003 年 SARS 病毒的出现与蔓延, 2008 年中国的三鹿奶粉事件, 2008 年甲型 H1N1 流感病毒, 2013 年东莞细菌性食物中毒事件等。④社会安全事件类。主要指重大刑事案件、涉外突发事件、恐怖袭击事件, 以及规模较大的群体性突发事件, 如 2001 年美国“9·11”恐怖袭击事件、2011 年 9 月 17 日发生于美国纽约的“占领华尔街”事件、2008 年 6 月 28 日的贵州瓮安事件、2011 年的“9·21”广东乌坎村事件等。

以矿难为例, 近年来我国发生的多起大型矿难, 情形不一。山西“9·13”矿难系大同市矿区姜家湾街道办事处所属大南沟煤矿井下发生一氧化碳中毒事故, 该矿年设计生产能力 9 万吨, 当时井下共有 45 人作业。河南省陕县支建煤矿东风井矿难, 因河床水通过采空区涌入井下, 69 人被困。王家岭矿难系透水事故, 事故造成 153 人被困; 经抢险, 115 人获救, 38 名矿工遇难。山东新汶“8·17”事故被专家们称为 70 年一遇的大雨造成的自然灾害。黑龙江鸡西矿难系鸡西矿业集团“6·20”特大瓦斯爆炸造成的事故, 同

时，该事故的救援还遇到井下局部垮塌。

以石油泄漏为例，2007 年以来全球石油泄漏事故中比较严重的有俄罗斯油轮泄漏事件、美国墨西哥湾石油泄漏事件和我国大连石油泄漏事件、渤海湾溢油事故，其具体情况如表 1-1 所示。

表 1-1 近年全球严重石油泄漏事故相关数据

编号	石油泄漏 事件名称	人员损失 (人)	原油泄漏量 (吨)	经济损失 (亿元)
1	俄罗斯油轮泄漏	23	3 000	50
2	墨西哥湾石油泄漏	11	670 000	2 600
3	大连石油泄漏	1	75 000	10
4	渤海湾溢油	0	10 000	12

资料来源：根据网络相关报道整理而成。

突发事件不仅会给人类和社会造成损失，也可能导致社会不安和不稳定。突发事件的预防预控和有效应对，是建设幸福中国、和谐社会的一个重要方面。

1.2 非常规突发事件的界定

杨继君等人（2008）认为，非常规突发事件是在各种事故灾害、公共卫生和社会安全等领域中出现的事件问题异常突出、灾害程度异常严峻的特重大事件。我国国家自然科学基金委员会认为，非常规突发事件是指前兆不充分，具有明显的复杂性特征和潜在次生衍生危害，破坏性严重，采用常规管理方式难以应对处置的突发事件（韩智勇等，2009）。

本书认为可以将非常规突发事件定义为：无前例参照的或形态上、性质上、致因上、影响程度上异于、甚于以往同类事件的，采用常规管理方式难以应对的重大突发事件。非常规突发事件是突发事件中的一种极端情形，具有或部分具有以下 3 个特征：①事件稀有性。即该事件以往从未发生或极少发生或有重大变异。②时间紧迫性。即事件发生的时间紧迫（瞬间突然发生

或短时间内爆发性发生)、应对处置时间紧迫(需要在短时间内做出应对甚至控制住事态)。③后果严重性。指非常规突发事件一旦发生,其带来的损失及其他负面影响巨大,可能会对相关主体带来重大损害或致命威胁。

当然,在不同的领域,突发事件是否属于非常规,还需根据具体情况而论。例如,在自然灾害、战争、暴乱等方面,可能更强调后果的严重性,而在其他一些领域,如工程事故,则更加注重事件的稀有性或变异性。在非常规突发事件的上述三个特征中,若满足其中的两个,就可以将其称为“半常规突发事件”(但若第三项虽不严重但属于中等以上,有时候也可以看作非常规突发事件)。如果某突发事件非常稀有,损失无法估量,而紧迫性中等以上,则也可以看作非常规突发事件。一般地,只满足其中一个条件的,可看成常规突发事件。

范维澄院士的研究团队提出了公共安全体系的“三角形模型”(中国科协信息中心,2012),认为这个三角形的三个边分别是突发事件、承载载体和应急管理;这一理论具有指导意义。受其启发,这里提出非常规突发事件判断的三角形模型。其中,图1-1的情形可以判断为非常规突发事件,图1-2的情形可以判断为半常规突发事件,而图1-3的情形则应判断为常规突发事件。

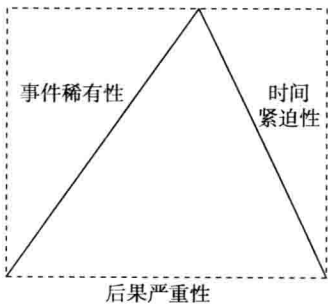


图1-1 突发事件三角形判断：
非常规突发事件

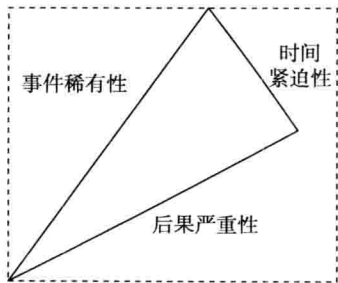


图1-2 突发事件三角形判断：
半常规突发事件

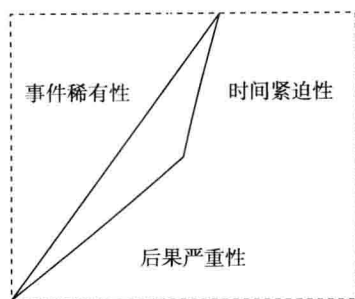


图 1-3 突发事件三角形判断：常规突发事件

例如，暴雨、冰雹、山洪、泥石流均为常规性突发事件，但2010年8月7日发生的甘肃舟曲特大泥石流事件，则属于非常规突发事件。其主要特点是：①损失巨大。该事件有1434人遇难、311人失踪，导致的经济损失、带来的环境破坏及心理损害则难以计量。②继发、次生灾害多发。泥石流导致村庄被淹、交通阻断、电力与通信设施破坏。8月11日还发生继发泥石流，进一步影响了救援工作。泥石流还导致堰塞湖的形成，给当地带来了新的威胁。③致灾原因复杂。发生此次泥石流的原因是多因素的混合。一是地震地貌原因，舟曲属于泥石流多发区。二是“5·12”地震的原因，导致土质疏松。三是气象原因，先期的干旱导致山体裂缝加剧。四是强降雨的突发性，瞬时突降暴雨最终引发特大泥石流。

另外，2012年5月10日，甘肃岷县发生了一起暴雨-冰雹-山洪-泥石流混合事件，暴雨和冰雹不仅直接造成灾害，而且引致特大山洪和泥石流，40多厘米深的洪水夹杂着特大山石滚滚而下，导致49人死亡、23人失踪、18个乡镇近36万人受灾，直接经济损失68亿元以上。因此，这一灾难也可以看作非常规突发事件，是多种事件导致的混合、变异的特大事件。

1.3 非常规突发事件的甄别：案例分析

下文以电力生产事故、石油泄漏和地铁施工事故为案例，对工程和生产运作领域的非常规突发事件进行甄别。根据事件稀有性、时间紧迫性、后果严重性三个维度，可将特定类型的突发事件划分为常规突发事件、半常规突发事件

和非常规突发事件。

1.3.1 电力生产非常规突发事件的甄别

《电力生产重大事故案例汇编》(中国神华能源股份有限公司国华电力分公司等编, 2007)一书中, 将电力生产领域突发事故分为 25 类: 火灾事故; 电气操作事故; 大容量锅炉承压部件爆漏事故; 压力容器爆破事故; 锅炉尾部再次燃烧事故; 锅炉炉膛爆炸事故; 制粉系统爆炸和煤尘爆炸事故; 汽包锅炉缺水满水事故; 汽轮机超速和轴承断裂事故; 汽轮机大轴弯曲、轴瓦烧损事故; 发电机损坏事故; 分散控制系统失灵和热工保护拒动事故; 继电保护事故; 系统稳定破坏事故; 大型变压器损坏及互感器爆炸事故; 开关设备事故; 接地网事故; 闪污事故; 倒杆塔和断线事故; 枢纽变电所全停事故; 水电厂垮(满)坝、水淹厂房及厂房坍塌事故; 人身大量伤亡事故; 全厂停电事故; 交通事故; 特大环境污染事故。

通过对我国 199 个电力生产事故的案例分析, 初步判断电力生产领域突发事件的性质如表 1-2 所示。从表 1-2 中可以看出, 真正称得上非常规突发事件的情形, 在电力生产突发事件中还不多。

表 1-2 电力生产突发事件的甄别

序号	突发事故名称	突发事件性质
1	火灾事故	常规
2	电气误操作事故	常规
3	大容量锅炉承压部件爆漏事故	常规
4	压力容器爆破事故	常规
5	锅炉尾部再次燃烧事故	常规
6	锅炉炉膛爆炸事故	常规
7	制粉系统爆炸和煤尘爆炸事故	半常规
8	汽包锅炉缺水满水事故	常规
9	汽轮机超速和轴承断裂事故	常规
10	汽轮机大轴弯曲、轴瓦烧损事故	常规

续表

序号	突发事故名称	突发事件性质
11	发电机损坏事故	常规
12	分散控制系统失灵和热工保护拒动事故	常规
13	继电保护事故	常规
14	系统稳定破坏事故	常规
15	大型变压器损坏及互感器爆炸事故	半常规
16	开关设备事故	常规
17	接地网事故	常规
18	闪污事故	常规
19	倒杆塔和断线事故	常规
20	枢纽变电所全停事故	常规
21	水电厂垮（满）坝、水淹厂房及厂房坍塌事故	非常规
22	人身大量伤亡事故	非常规
23	全厂停电事故	常规
24	交通事故	常规
25	特大环境污染事故	非常规

2006年11月15日，泸州电厂发生柴油泄漏事件，部分柴油流入长江，造成泸州市区自来水厂停止取水，并对重庆市部分地区造成影响。虽然该事件最终定性为“重大环境污染事件”，但由于其原因不复杂（属于工人操作失误），且后果有限，因而不宜界定为非常规突发事件。

然而，2011年3月11日，大地震引发海啸导致的日本福岛第一核电站核泄漏事件，则属于非常规突发事件。该事件具有信息的不充分性（在事故发生早期难以判断事故的性质及严重性）、后果的不确定性（其等级从3级调至5级，最终调至7级；时隔两年后的2013年又发生了300吨辐射污水外泄事故）及处置的困难性（放射性物质溢出以及堆积的大量放射性污水给抢修工作带来了困难）。

1.3.2 石油泄漏非常规突发事件的甄别

石油泄漏的直接原因是由于输油管道或石油容器（包括油船、油井、油罐等盛装石油的容器）的破裂造成，可以从材料失效、人为因素、密封失效三个方面对石油泄漏风险进行识别，其风险间的相互联系可由风险图谱分析观察得出。图 1-4 为石油泄漏风险图谱示意图（Zhao Juan, Xie Kefan, Wu Zhiwei, 2012）。

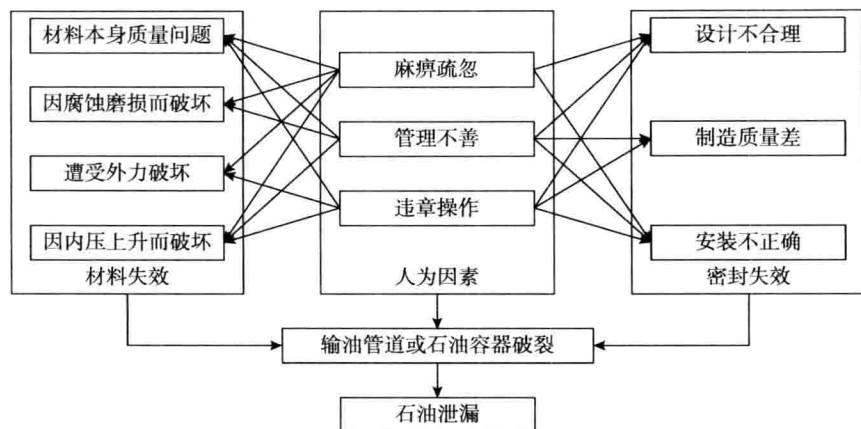


图 1-4 石油泄漏风险图谱

可将石油泄漏分为管道泄漏和容器泄漏两种，两者风险的导致因素分别为化学腐蚀、外力损伤、工程质量和人员操作、设备设施。石油泄漏事件致因的分类分级根据事件稀有性、时间紧迫性、后果严重性来描述，如表1-3所示。

在世界上发生的海上石油泄漏事件中，2010年发生的墨西哥湾石油泄漏事件是一个典型的非常规突发事件。一是其发生过程具有连环性，即爆炸导致石油泄漏；二是其信息不充分，例如，实际的漏油量是预计的5倍；三是应对具有复杂性，涉事的英国石油公司相继采用钢筋水泥罩封堵及“灭顶法”堵漏，均宣告失败；四是损失大，该事件导致人身伤亡，给英国石油公司带来的直接经济损失超过10亿美元，导致英国石油公司股票价格下跌逾1/3，损失超过600亿美元，还导致其信用评级下调，经营陷入困境。最主要的损害是其给当地环境带来的破坏，这是无法以价值来计算的。

表 1-3 石油泄漏事件致因的分类分级

泄漏类型	风险源	具体内容	事件稀有性	时间紧迫性	后果严重性	事件类型
管道泄漏	化学	内部所含 CO ₂ 、SO ₂ 等酸性物质腐蚀	常见	一般	较严重	常规突发事件
	腐蚀	外部空气、土壤、海水等腐蚀	常见	一般	较严重	常规突发事件
	外力损伤	火灾、飓风、战争等不可抗力	非常见	紧迫	严重	非常规突发事件
		水水泥沙、地形地貌	非常见	较紧迫	较严重	半常规突发事件
		落物冲击、海底冲刷、拖网捕鱼碰撞、船舶起抛锚作业	常见	较紧迫	较严重	常规突发事件
		人为破坏管道盗油	常见	紧迫	严重	半常规突发事件
	工程质量	设计质量（路由选择、管道结构）	常见	一般	较严重	半常规突发事件
		施工质量（储运、焊接、铺设、回填）	常见	一般	较严重	半常规突发事件
		管材质量（抗冲击性、抗腐蚀性和使用寿命等不达标）	常见	一般	较严重	半常规突发事件
容器泄漏	人员	管道超压破损、油舱超装溢油或直接跑油	常见	较紧迫	较严重	常规突发事件
	操作	油轮搁浅、触礁或与其他船舶、码头相撞	非常见	紧迫	严重	非常规突发事件
	设备设施	设备选型不当、油轮船况较差	常见	一般	较严重	半常规突发事件
		输油管道焊接质量差、密封不良，阀门劣化，输油臂接头变形、渗漏及管壁因腐蚀、磨损、老化造成减薄穿孔	常见	一般	较严重	常规突发事件
	外力损伤	自然灾害对输油臂、输油管道及船舶的破坏	非常见	紧迫	严重	非常规突发事件
		人为蓄意破坏	常见	紧迫	严重	半常规突发事件

1.3.3 地铁施工非常规突发事件的甄别

地铁的施工方法主要有三种：明挖法、暗挖法和盾构法。这三种方法在地铁施工过程中被广泛使用。在现实施工过程中，施工方法的选择主要取决于成本因素、地理因素和技术因素。其中，成本因素在施工方法选择中占重要地位，一般而言，明挖法的施工成本较暗挖法低，暗挖法的施工成本较盾构法低。

在地铁施工过程中,明挖法、暗挖法和盾构法都可能被应用,但是随着科技的发展,盾构法在地铁施工中的应用逐渐广泛。这是因为:明挖法不仅会影响地面其他作业,而且可能影响施工范围内的其他建筑安全;暗挖法虽不会影响地面其他作业,但是其地下施工的风险很大,可能会对施工范围内的其他建筑产生更复杂的安全隐患。在当前诸多地铁施工突发事件中,多数重大的突发事件源于明挖法或暗挖法。国内地铁施工过程中典型的突发事件有:基坑坍塌、围护结构渗漏、坑底隆起、坑底管涌及流沙、基坑内土体纵向滑坡、围护结构折断或大变形、建筑物沉降开裂、围檩被压坏和扭曲、支撑失稳等类型安全事故。另外,重物打击、踢角破坏、高空坠落及机械伤害也是经常发生的安全事故。

通常,安全事故的发生都不是孤立的,常常伴随着关联性,这使地铁施工过程中(尤其在采用明挖法和暗挖法施工时)安全风险更加突出和复杂,其复杂性表现为各种安全事故呈现出不同的特点,并对应不同的事故类型(表1-4)。例如,基坑坍塌和基坑内土体纵向滑坡等安全事故属于非常规突发事件;围护结构渗漏、坑底管涌及流沙和建筑物沉降开裂等安全事故属于半常规突发事件;其他事故因发生频率高、事故影响低或应急响应紧迫性低而属于常规突发事件。在地铁施工过程中,当明挖法、暗挖法(除盾构法)被采用时,将面临诸多复杂性高、危害大、发生频率高的安全风险。因此,明挖法和暗挖法逐渐被淘汰,盾构法在地铁施工中使用日渐广泛(Wu Qian, Chen Gang, Xie Kefan, 2011)。

表 1-4 地铁施工安全事故类型

事故类型	事件稀有性	时间紧迫性	后果严重性	事件类型
踢角破坏	一般	一般	一般	常规突发事件
围檩被压坏和扭曲	一般	一般	一般	常规突发事件
支撑失稳	一般	一般	一般	常规突发事件
围护结构折断或大变形	一般	一般	一般	常规突发事件
围护结构渗漏	稀少	紧迫	一般	半常规突发事件
基坑内土体纵向滑坡	稀少	紧迫	严重	非常规突发事件

续表

事故类型	事件稀有性	时间紧迫性	后果严重性	事件类型
坑底隆起	一般	一般	一般	常规突发事件
坑底管涌及流沙	稀少	紧迫	一般	半常规突发事件
建筑物沉降开裂	一般	一般	严重	半常规突发事件
基坑坍塌	一般	紧迫	严重	非常规突发事件
重物打击	一般	一般	一般	常规突发事件
高空坠落	一般	一般	一般	常规突发事件
机械伤害	一般	一般	一般	常规突发事件

在地铁施工过程中，盾构法作为一种先进的施工方法已经逐渐被广泛应用，对降低地铁施工安全风险起到了重要作用。然而，在应用盾构法施工过程中，仍会导致诸多突发事件。盾构法地铁施工常见的安全风险如表 1-5 所示。盾构法地铁施工过程，一般可划分为三个阶段：工作井施工、盾构推进和盾构进出洞，这三个阶段都有安全风险，并且每个阶段的安全风险各不相同、特征各异。

表 1-5 盾构法地铁施工风险

施工阶段	基本工序	事故类型	事件稀有性	时间紧迫性	后果严重性	事件类型
工作井施工	地面施工作业	模板工程坍塌	常见	较紧迫	严重	半常规突发事件
		用电火灾	非常见	紧迫	较严重	非常规突发事件
		脚手架倾倒	非常见	紧迫	严重	非常规突发事件
		触电和灼伤	常见	较紧迫	较严重	半常规突发事件
	围护结构施工	存在地下障碍物	常见	一般	严重	常规突发事件
		桩体偏斜和弯曲	常见	较紧迫	较严重	半常规突发事件
		搅拌钻杆折断	非常见	一般	一般	常规突发事件
		扩孔和缩孔	常见	一般	一般	常规突发事件
		桩体夹泥、夹沙、断桩	常见	较紧迫	较严重	半常规突发事件
	基坑降水	地下水位降不下去	常见	较紧迫	较严重	半常规突发事件
		井管管口无水	非常见	一般	一般	常规突发事件
		挡土结构失稳	常见	紧迫	严重	半常规突发事件
		周围建筑物倾斜开裂	常见	一般	一般	常规突发事件
		挡土结构失稳及管涌流沙	常见	紧迫	较严重	半常规突发事件