



辽宁科协资助

LIAONING KEXIE ZIZHU

辽宁省优秀自然科学著作

● 靖可 姜宝山 唐亮 著

# 技术灾害应急响应 群决策方法与技术

Group Decision Making Method and Technology of  
Disaster Emergency Response



辽宁科学技术出版社

LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

辽宁省优秀自然科学著作

# 技术灾害应急响应群决策 方法与技术

靖可 姜宝山 唐亮 著

辽宁科学技术出版社

沈阳

© 2014 靖可 姜宝山 唐亮

图书在版编目 (CIP) 数据

技术灾害应急响应群决策方法与技术 / 靖可, 姜宝山, 唐亮著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2014.11

(辽宁省优秀自然科学著作)

ISBN 978-7-5381-8907-0

I. ①技… II. ①靖… ②姜… ③唐… III. ①工程技术—灾害—应急对策 IV. ①X45

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第262073号

---

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳旭日印刷有限公司

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 9

字 数: 191千字

印 数: 1~1000

出版时间: 2014年11月第1版

印刷时间: 2014年11月第1次印刷

责任编辑: 李伟民

特邀编辑: 王奉安

封面设计: 嵘 嵘

责任校对: 刘 庶

---

书 号: ISBN 978-7-5381-8907-0

定 价: 30.00元

联系电话: 024-23284526

邮购热线: 024-23284502

<http://www.lnkj.com.cn>

## 前 言

与自然灾害不同，经济社会已经选择了与技术风险相伴而生。技术灾害在数量上和规模上呈现出上升和扩大趋势，在技术灾害向新兴工业区域和发展中国家转移的态势下，当前技术灾害应急响应迟缓与决策失误的案例却时有发生，给生命安全、生态环境与经济增长造成了难以估量的损失，因此研究技术灾害应急决策问题具有重大现实意义。目前，群决策问题已经出现大量研究成果，然而适用于技术灾害应急响应的群决策方法研究与决策支持技术仍非常有限。为此，本书通过对技术灾害进行理论研究，提炼技术灾害应急决策的典型特征，基于此构建技术灾害应急群决策研究体系。

(1) 现有群决策实验室研究很少涉及决策方案的生成问题，然而对于技术灾害应急决策而言，应急方案从何而来是实施应急响应的首要步骤。基于案例推理，本书对技术灾害应急群决策方案的生成方法进行研究，并采用整体优势度解决现有案例检索策略不能识别负向匹配案例的问题，同时采用自适应控制方法对获取的应急方案进行调整，从而生成用于技术灾害应急群决策的评价方案集合。方法被应用于生成煤矿瓦斯爆炸事故应急救援方案，结果证明了研究的可靠性。

(2) 针对技术灾害多灾种衍生和易发次生灾害的特征，以及由此产生的应急决策难题，提出局部群决策方法，即允许决策个体基于领域知识选择性地参与应急方案集合的评价，通过解决方案分配、权重分配与群体偏好集结等关键问题，构建局部群决策模型，特别地，模型根据专家给出的方案局部权重对专家权重、方案群权重和属性权重进行整体求解，结果相对客观。局部群决策方法被应用于地铁火灾事故应急疏散，验证了研究的有效性。

(3) 针对技术灾害的多阶段演化特征，研究多阶段应急群决策方法，对于决策过程中决策专家对方案评价缺少把握的情况，允许决策专家以残缺判断矩阵的形式给出方案偏好；另外，由于技术灾害应急决策涉及广泛的领域知识，每位决策专家在各个阶段的意见重要性不同，为此，多阶段应急群决策模型还解决了决策专家的分阶段赋权问题，最后通过求解阶段权重与阶段群体方案偏好获取全局群体最优解，方法被应用于应急处置危险化学品液态苯泄漏。

(4) 本书还对技术灾害应急群决策的有效性进行评价，因决策环境和决策目标不同而产生的应急群决策效果不具有可比性，针对该问题提出基于决策个体特征识别的代理

评价方法。方法通过构建目标规划模型,分别确定每项决策的个体标准体系,从而在识别决策个体特征的基础上,基于决策效果对应急群决策的有效性进行代理评价,因而方法具有分析功能,为提高应急群决策的有效性提供改进建议,方法被应用于评价地铁火灾事故应急疏散演习的群决策有效性。

(5) 基于上述技术灾害相关理论与应急群决策方法研究,在系统结构设计和系统功能架构的基础上,最后本书采用Java技术与Internet技术开发网络环境下技术灾害应急群决策支持系统,基于系统管理与灾情监控功能,该系统使应急决策者能够在网络环境下对技术灾害应急响应做出实时决策并反馈信息,经系统集成处理后获得群决策最优解,从而提高技术灾害应急响应的决策效率和决策质量。

本书的研究成果获国家自然科学基金项目(71301108, 71201106)、中国博士后科学基金特别资助项目(2014T70462)、中国博士后基金面上资助项目(2013M530228)、辽宁省教育厅项目(W2013030)的共同资助。东北大学工商管理学院赵希男教授、美国德克萨斯A&M大学减灾与恢复研究中心Michael K. Lindell教授在研究过程中给予了重要建议。本书的出版得到辽宁省科学技术协会与辽宁科学技术出版社的大力支持与资助,在此一并表示谢意。

# 目 录

1	引 论	001
1.1	研究背景	001
1.2	问题的提出	004
1.3	技术灾害应急群决策研究现状	004
1.4	研究目标与研究意义	006
1.5	研究内容与创新性	007
1.6	本书结构与章节安排	009
2	理论基础与研究框架	010
2.1	技术灾害应急群决策基本理论	010
2.2	技术灾害认知	018
2.3	技术灾害应急群决策研究框架	027
2.4	小结	029
3	基于案例推理的技术灾害应急群决策方案生成方法	031
3.1	案例推理基本理论	031
3.2	基于案例推理的应急方案生成机理	033
3.3	基于整体优势度的应急方案获取	037
3.4	基于自适应控制的应急方案调整	044
3.5	应急方案存储与经验学习	046
3.6	应急群决策方案生成方法	047
3.7	煤矿事故应急救援方案生成实例分析	049
3.8	小结	053
4	基于不确定信息的技术灾害应急局部群决策方法	055
4.1	现有群决策方法在技术灾害应急响应中的不足	055
4.2	局部群决策模式与拟解决的关键问题	056
4.3	基于不确定信息的技术灾害应急局部群决策模型	058

4.4	基于不确定信息的技术灾害应急局部群决策方法	062
4.5	地铁火灾事故应急疏散局部群决策仿真	064
4.6	小结	070
5	<b>基于不完全信息的多阶段技术灾害应急群决策方法</b>	071
5.1	问题描述	071
5.2	不完全信息下多阶段群决策现有研究	072
5.3	不完全信息下多阶段技术灾害应急群决策模型	074
5.4	不完全信息下多阶段技术灾害应急群决策方法	078
5.5	危险化学品泄漏多阶段应急处置案例分析	080
5.6	小结	085
6	<b>基于个体特征识别的技术灾害应急群决策有效性评价</b>	087
6.1	应急群决策有效性	087
6.2	技术灾害应急群决策有效性评价指标体系	088
6.3	多级个体特征识别模型	091
6.4	技术灾害应急群决策有效性评价方法	094
6.5	技术灾害应急群决策有效性评价实例分析	095
6.6	小结	103
7	<b>网络环境下技术灾害应急群决策支持系统</b>	104
7.1	网络环境下应急群决策支持系统结构设计	104
7.2	网络环境下应急群决策支持系统开发与配置	107
7.3	网络环境下应急群决策支持原型系统	111
7.4	小结	129
8	<b>结论与展望</b>	131
8.1	主要结论	131
8.2	研究不足与展望	132
	<b>参考文献</b>	133

# 1 引 论

## 1.1 研究背景

技术丰富了我们的生活，同时也带来了风险——特别是那些未知的风险，这是一个利弊共存的问题。科学在工业社会中后期获得了迅猛的发展并成功地转化为生产技术，为经济社会带来了空前繁荣。然而与此同时，人类也为之付出了沉重的代价。据统计，自1980年以后，技术灾害在数量上的增长速度已经远远超越了自然灾害，而且由技术灾害导致的伤亡人数也随之大大增加，为此也引发了有史以来关于技术灾害的最为深入的思考和激烈的辩论。但是，与自然灾害不同的是，经济社会已经选择了与技术风险相伴而生。

### 1.1.1 技术灾害频发且损失巨大

技术灾害多发于复杂的社会技术系统，该类系统特指技术与资本密集的核电、石油、化工、航空航天等工业组织。由于复杂的社会技术系统集聚了巨大的能量，因而导致了技术灾害的发生往往伴随着严重的后果。通过回顾近30 a来发生的几大典型事件，无疑能够帮助我们更直观地了解技术灾害给人类社会带来的难以估量的损失和灾难性的影响。

#### 1.1.1.1 美国三英里岛核电站放射性物质泄漏

1979年3月28日凌晨，因机械故障及人为操作失误，美国宾夕法尼亚州哈里斯堡东南16 km处的三英里岛核电站2号反应炉发生堆心熔毁与放射性物质外泄事故。事故导致电站周围80 km范围内生态环境受到污染，事故延续到4月2日早晨才得以控制。事故过程中泄漏严重，但由于围阻体作用，并未造成特别严重后果。虽然只有3名工作人员受到过量辐照，但是作为人类发展核电工业后首例报道的事故，引起人们对核能安全防护议题的关注，并激发了民众的反核意识，对世界核能工业造成重大影响，核能发展从此进入不确定时代。

#### 1.1.1.2 印度博帕尔农药厂氰化物泄漏

1984年12月3日凌晨，由于储气罐阀门失灵，美国联合碳化物印度有限公司设于中央邦博帕尔市郊农药厂发生氰化物异氰酸甲酯泄漏。事件造成2 000多名居民当即死亡，先后共有2万人死于灾难，20万人中毒，5万多人失明，不同程度的受害者达67万人，环境破坏严重。受灾害影响，至今当地居民的癌症发病率及新生儿夭折率仍远高于



印度其他城市。该事件被认为史上最严重的工业灾难之一。

#### 1.1.1.3 美国“挑战者”号航天飞机爆炸

美国东部时间1986年1月28日11时39分(格林尼治标准时间16时39分),肯尼迪航天中心发射“挑战者”号航天飞机升空后73s,因右侧固体火箭助推器的O形环密封圈失效,毗邻的外部燃料舱在泄漏出的火焰的高温烧灼下结构失效,使高速飞行中的航天飞机在空气阻力的作用下解体,导致机上7名宇航员全部罹难,损失高达10亿美元。

#### 1.1.1.4 苏联切尔诺贝利核电厂泄漏与爆炸

1986年4月26日当地时间1时24分,苏联乌克兰共和国切尔诺贝利核能发电厂4号反应堆发生爆炸与严重泄漏事故,释放出200倍于日本广岛原子弹爆炸的辐射剂量。由于缺少围阻体保护,外泄的辐射尘随着大气飘散到苏联的西部地区、东欧地区、北欧斯堪的纳维亚半岛,直接导致237人死亡,13.5万人撤离,另有上万人由于放射性物质远期影响而致命或重病,至今仍有畸形胎儿出生。该事件是人类有史以来最严重的核事故,至今俄罗斯、白俄罗斯及乌克兰等国每年仍在投入经费与人力用于灾难的善后以及居民保健。因事故直接或间接死亡的人数难以估算,而且事故后的长期影响到目前为止仍然未知。

#### 1.1.1.5 韩国大邱地铁火灾

2003年2月18日9时55分,韩国大邱地铁发生火灾,虽然在第一时间接到站内列车火情警报,但是总控室值班人员判断火势轻微并指令另一列地铁列车即时进站。然而,起火车厢耐燃塑料在高温下已经释放出大量有毒气体。与此同时,由于进站列车驾驶员对灾情判断失误,延误打开车门,导致车内大量乘客烟气中毒错过疏散逃生时机,救援工作也因大量烟雾和有毒气体不得不于事发3h后才展开,从而造成至少196人死亡、289人失踪、100多人受伤的重大事故。

#### 1.1.1.6 中国吉林石化双苯厂爆炸

2005年11月13日14时至15时左右,隶属于中国石油天然气集团的吉林石化公司101双苯厂化工车间发生连续爆炸,造成5人当场死亡,另有1人失踪、2人重伤、21人轻伤,数万居民紧急疏散。爆炸产生100t化学物排入松花江,江面上产生一条长达80km的主要由苯和硝基苯组成的污染带,苯含量一度超标108倍。污染带通过了吉林省的多个市县之后进入黑龙江省境内,造成哈尔滨市停水5d。污染带后向北在松花江口进入黑龙江,经过俄罗斯的犹太自治州、哈巴罗夫斯克边疆区、共青城、尼姑拉耶夫斯克等城市,最后注入太平洋。

### 1.1.2 技术灾害向新兴工业区域和发展中国家转移

以时间为纵轴分析,随着工业技术的进步和发展,技术灾害日趋频繁。然而,值得注意的是,通过对大量文献的整理和搜集以及对众多具体事例的调查和分析发现,技术灾害在世界范围内的发生区域与承灾体上也产生了新的变化,灾害的多发区域正在由20世纪中后期的欧美国家逐渐向新兴工业区域和发展中国家转移。

这种新的态势一方面表明了欧美发达国家在经过多年的工业发展与技术进步后,已经在技术灾害应急管理及防范上取得了宝贵的经验,在一定程度上相对有效地控制了技术灾害的数量和规模。另一方面,实际上,技术灾害区域分布的变化也是新的世界分工体系变化的结果。当欧美国家对制造业,尤其是附加值较低、技术风险较大的垂直产业链末端进行大规模的海外转移时,新兴工业区域与部分发展中国家在参与国际分工、接受国际产业转移的过程中,也接受了技术风险的转移。而由于新兴工业区域与发展中国家的工业历史较短,对技术灾害的认识不足,尤其是对经济利益产出与灾害防范的成本投入之间的取舍矛盾更加大了技术风险程度,对技术灾害的防范无论从经验上、意识上还是投入上都不足以应对技术灾害的爆发。而当地公众也被动地成为了技术灾害转移的主要承灾体,为换取经济发展付出了惨痛的代价。其中,以中国为代表的技术灾害重灾区已经形成。

### 1.1.3 技术灾害应急响应迟缓与决策失误

包括上述案例在内的诸多技术灾害在科学技术发展史上是不能被忽略的,更是不能被遗忘的。除了因为灾害的规模和后果给人类社会带来了不可估量的影响外,更令人痛心的也不愿意被看到的是,技术灾害应急过程中存在的响应迟缓与决策失误等人为原因进一步地加剧了灾害带来的损失。

以重庆开县井喷为例,2003年12月23日中国重庆开县境内西南油气田川东北气矿发生井喷,富含二氧化硫的气体从钻具水眼喷涌而出,直达30 m高程,无阻流量为400万~1 000万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。失控的有毒气体随空气迅速传播,气井周边的开县高桥、麻柳、正坝和天和4个乡镇的28个村被毒气覆盖,造成243人死亡,9.3万余人受灾,6.5万余人被迫疏散转移。事实上,依靠现有装备和技术力量完全可以避免的井喷事故为什么造成了国内甚至世界气井井喷史上罕见的惨剧。除了因当地经济落后、通信设施不发达而不能有效预警,以及民众缺少天然气毒性常识等客观原因以外,井喷事故发生后18 h仍没有决策负责人到达现场,最后在未能充分估计事故可能造成巨大的公众生命和财产损失的情况下,仅依靠行业经验,为保全企业机器设备和经济利益,3次放弃点火时机,决策失误是造成毒气大量外泄,酿成特大事故的重要人为原因。

另外,如前文所述,“挑战者”号航天飞机失事的直接原因是火箭发动机上的防泄漏密封圈失效,表面上看属于技术原因,但实际上,根本原因却在于组织决策失误。在先后5次推迟发射后,美国国家航空航天局(NASA)忽略了因技术原因“挑战者”号不适于低温环境发射的警告,在准时发射节约成本与安全飞行上,选择了前者,注定是一项重大的决策失误。另外,由于选择了与NASA有隶属关系的萨科尔公司,对产品质量的监督严重不足,因此在制造商选择上存在的决策失误也是导致“挑战者”号失事的另一个重要原因。类似的,由于总控室与列车司机的错误决策与延时决策,韩国大邱地铁火灾也造成了特大技术灾害。

## 1.2 问题的提出

技术灾害日益呈现数量上升和规模扩大的趋势，特别是在技术灾害向发展中国家和新兴工业区域转移的态势下，对于接受技术风险转移的潜在灾害承灾体而言，认识技术灾害，研究技术灾害应急决策的方法和技术，是防范技术灾害、提高技术灾害应急响应能力的前提和关键。

随着现代科学技术的发展，技术系统的规模和结构日趋庞大和复杂。相应由此引发的各类事故灾害的破坏作用也比以往更为强烈，而且该类事故灾害的决策环境复杂、决策信息模糊、决策过程具有时效性约束。除此以外，由于技术系统结构复杂、功能构建之间紧密耦合以及技术系统与社会系统的高度关联性，技术灾害还具有以下两点重要特征：其一，技术灾害通常伴随衍生与次生灾害，即技术灾害不仅造成重大人员伤亡与财产损失，而且可能对生态环境和人体机能构成潜在威胁。其二，技术灾害通常不能预测，由脆性特征决定技术系统在发生故障后直到崩溃前没有任何明显的征兆，虽然可以采用技术设备与技术手段探测灾害信号，但是一般不能有效地预报。因此，与其他灾害类型不同，技术灾害应急决策问题尤为复杂。

基于决策任务的复杂性，包括任务构成涉及大量领域知识、信息不确定甚至不完全、决策过程动态协调与时间紧迫等因素，技术灾害时常面临结构不良的决策问题，因而，在灾害事件的紧迫性和巨大压力下，仅仅依靠个体知识和能力做出科学合理的应急决策是异常困难的，所以，技术灾害应急决策比以往更需要决策群体的意见交互与支持，借助群体的经验和知识弥补个体决策的不足，更有效地避免决策失误，从而使决策求解条理化、系统化。因此，群决策是现代技术灾害应急响应的重要方式和手段。为此，本书将对技术灾害应急群决策的相关问题进行研究。

## 1.3 技术灾害应急群决策研究现状

自1984年Perrow首次提出常态灾害理论以来，国际上大量开展技术灾害研究已经持续了近30 a。目前，技术灾害理论研究的焦点主要是探讨技术灾害的产生原因以及技术灾害能否避免等问题。除此以外，国外学者还比较关注于技术灾害应急群决策的技术实现问题，在群决策支持系统开发方面取得了大量研究成果，尤其是基于现实问题与具体项目进行的应用研究为技术灾害应急决策提供了切实可行的参考和依据。

基于保护公众安全的目的，Costa等根据结构弱点和战略重要性对桥梁、隧道在地震灾害中的安全性进行研究，提出一种交互式的多指标群体评价模型，解决了决策群组对信息的评价和属性指标权重的分配问题，并将模型应用于葡萄牙里斯本地震高风险地区的桥梁、隧道安全性评价实践中。Rosmuller与Beroggi认为，基础设施在项目规划阶段应该考虑安全因素，为此，采用专家群体参与的方式对考虑安全因素和不考虑安全因

素的方案分别进行比较,决策过程中要求决策者基于安全性、经济性等目标对不同的方案进行风险评估,并对决策者个体偏好进行集结,该方法已经被荷兰代夫特理工大学的多媒体群组决策支持实验室所采用,并证明了该方法在安全规划中的有效性。在上述研究的基础上,Rosmuller与Beroggi进一步对基础设施安全规划过程中的群决策问题进行了研究,指出目前在基础设施建设过程中对安全因素考虑不足,提出一种基于动态风险信息交互与安全性分析的群决策方法,该方法能够帮助规划人员、施工人员及应急响应人员在基础设施规划过程中进行协商与意见交换,并实现移动多媒体群决策网络化系统的应用,通过在美国东北地区Betuweline铁路建设中的实践验证了该方法因在基础设施建设过程中考虑了安全因素而更具有实用性和客观性。Levy与Taji提出了一种群组分析网络方法用于支持不确定信息下的灾害计划和应急管理,并基于二次规划与区间偏好信息构建了GANP多准则决策系统,通过应用于避难所的选择,证明GANP能够改进应急管理的有效性,提高应急决策的质量和用户满意度。Fahad对由Utmaniyab天然气公司开发的应急响应系统进行了研究,ERS基于美国开发的SAFER系统与沙特阿拉伯开发的本地地理信息系统(GIS),在消防、安全、医疗救助等应急响应部门间进行网络信息共享,实现安全实时监测。一方面SAFER系统通过构建扩散模型预测天然气的移动与浓度,另一方面GIS能够详细地分析当地人群的位置和结构。因此,ERS提供了一种事故建模和监测手段,从而辅助应急计划与决策的制定以及应急响应的实施;Ikeda等研究了应急管理中多群体决策问题,提出应用高级多媒体技术,基于扩展范例和运作风险管理对实时环境下的行动过程进行评价和调整的决策支持方法,并应用于核反应事故应急响应的组织实践。Mendonca等针对个体或群组经验对应急响应过程中的判断和行为的影响进行了研究,提出应急预案在个体、组织或公共机构为应对突发事件进行的培训中至关重要,能够有效地缩短应急响应时间、提高应急协同效率,从而降低伤亡比率、减少经济损失,因此,Mendonca指出应急规划为应急教育与培训提供了标准化模型,也为新的决策技术提供了试验场所,为此,设计并采用对策模拟对应急响应群决策支持系统进行评价,并给出改进对策模拟的建议;Jenkins针对有毒物质泄漏处置预案的制定,讨论了如何选取预案中特征场景进行深入研究的决策问题。

与国外研究方向不同,国内学者则更多地侧重于群决策理论与方法研究,并开展了理论与方法的应用研究。例如,彭若虹等采用AHP法,基于群决策的原理和方法,依据扩展型贝叶斯决策模型研究了核事故应急决策问题。管春等借助Java在网络编程方面的优势,基于Java和Internet技术提出了用于异地远程应急的群体决策支持系统,解决了传统的群件通信产品速度慢、难以集成等问题。李加祥等将应急事件处理领导小组、重大项目指挥部等采用的群决策形式定义为“面向任务的职能型群决策”,提出了一类不需要对决策者赋权的多目标决策方法,并设计了分布式职能型群决策支持系统(FGDSS)。张勇等引入了模糊综合评价方法对应急预案进行评估。孙颖等针对突发事件应急预案多目标的特点,基于熵值法对属性进行客观赋权,并采用理想点法集结每位专家的意见信息对多个应急预案进行群体排序。

通过总结现有研究成果发现,虽然目前国内外对技术灾害的研究各有侧重,但是对于以下问题仍鲜有涉及:

(1) 技术灾害一般性认知。技术灾害经典理论研究分别基于不同的技术与技术系统,主要关注于灾害的起因以及如何规避问题,但是却缺少对技术灾害的一般性认知,即现有研究并没有对技术灾害进行统一的界定,因而也缺少对技术灾害发生机理的一般性研究,这也是导致经典理论产生分歧的根源。

(2) 基于技术灾害应急决策特征的群决策方法研究。与一般决策问题不同的是,技术灾害应急群决策必须满足决策过程的时效性特征,适应决策环境复杂、决策信息模糊、多衍生与次生灾害、决策专家的广域分布等要求。然而,现有研究却缺少针对技术灾害以上特征和要求的应急群决策方法。

(3) 适用于网络环境的技术灾害应急群决策支持系统。现有研究在群决策支持系统的开发上取得了显著的成果,但是对于技术灾害所特有的瞬间动态演化特征以及由此产生的决策群体实时交互问题,现有研究并未提出完善的解决办法。

## 1.4 研究目标与研究意义

### 1.4.1 研究目标

基于现实需要与现有研究中存在的不足,确定本书研究的总体目标为:在相关理论的基础上,形成技术灾害的一般性认知,据此研究适用于技术灾害应急响应的群决策方法和技术,从而解决技术灾害应急决策相关问题,具体通过以下方面实现:

(1) 在理论层面,通过对现有理论的综述以及分析典型技术灾害案例,对技术灾害进行界定,并对技术灾害的发生机理进行研究,为解决技术灾害应急决策问题提供依据。

(2) 在方法层面,基于技术灾害应急决策的特征,研究应急群决策方案的生成方法、技术灾害应急群决策实施方法以及应急群决策的有效性评价方法,从而形成适用于技术灾害应急响应的群决策方法研究体系。

(3) 在技术层面,基于上述理论与方法研究,开发网络化群决策支持系统,实现技术灾害的实时监控和决策群体的实时交互功能。

### 1.4.2 研究意义

技术灾害对社会系统的应急响应与决策能力构成了巨大的挑战。目前,我国发生的技术灾害在数量与损失上都在世界范围内占据了相当大的比重并且呈现上升趋势。未来20 a是中国经济社会发展的重要战略期,城市化、工业化与全球化进程将进一步加快,技术创新与技术系统的大规模应用成为必然。因此,与其他新兴工业区域一样,我国面临着巨大的技术灾害风险。然而,由于我国应急管理依然处于起步阶段,目前主要采用

构建应急预案体系的方法对应急管理问题进行框架研究,基础理论研究投入与成果产出明显不足,更缺少系统、深入的可操作性方法,难以支撑应急管理实践,一旦发生大规模技术灾害,影响与损失将难以控制甚至不可估量。为此,本书对增强我国技术灾害认知度和防范意识、提高应急响应能力具有现实意义。

有效的应急决策能够减少人员伤亡和事件损失。由于技术灾害应急决策过程具有复杂性与时效性特征、决策信息模糊甚至不完全,决策任务分散且决策责任重大,因此研究和应用群决策方法与群决策支持技术,对于提高技术灾害应急响应能力具有特别重要的意义。正如清华大学公共安全研究中心范维澄院士所指出的,在当前形势和背景下,应急响应与决策的基础科研成果能够为保障国家公共安全提供直接的理论支持,具有广阔的发展空间。然而,现有研究的焦点更多地集中在技术灾害能否避免的问题上,虽然争论深化了人们对技术灾害起因的思考,但是迄今为止仍未形成关于技术灾害的一般性认知。由于各方基于不同的技术与技术系统开展技术灾害研究,灾害范畴的界定不同是导致结论不一致的根本原因。为此,通过对技术灾害进行本体研究,以及对技术灾害的发生机理进行探索,本书也试图为化解经典理论各学派间的分歧提供依据和参考,并为本书的方法研究和技术实现提供理论支撑。

最后,通过提炼技术灾害应急决策特征,研究合理的应急群决策方法并予以技术实现,为技术灾害应急决策提供了一个系统的可操作平台,在提高技术灾害应急响应能力和改进应急决策质量与效率方面具有应用价值。

## 1.5 研究内容与创新性

### 1.5.1 研究内容

根据上述研究目标,确定了本书的主要研究内容。

#### 1.5.1.1 技术灾害基本认知

从认识技术与技术系统出发研究技术灾害本体,通过定义技术灾害、划分技术灾害类型、识别技术灾害的典型特征对技术灾害进行界定,在此基础上研究技术灾害的发生机理,从而提炼技术灾害应急决策的特征和要求。

#### 1.5.1.2 应急群决策的方案生成方法研究

为了解决应急方案从何而来的问题,采用案例推理技术研究应急方案的生成。另外,考虑到现有案例推理研究在案例检索策略上不能识别负向匹配案例的缺陷,采用整体优势度与自适应控制方法实施改进,从而提高方案生成的效率和质量。

#### 1.5.1.3 应急群决策方法研究

针对技术灾害决策过程的复杂性与决策信息的模糊性特征,进行局部群决策模式研究,从而解决决策个体受领域知识所限难以实施全局评价的问题,即允许决策个体基于领域知识对方案集合进行局部评价,重点研究该模式下属性权重与方案权重的分配以及

决策个体偏好集结等问题。

针对技术灾害所具有多阶段演化特征,研究应急响应的动态群决策方法,重点解决不完全决策信息的拓展、阶段赋权与决策个体赋权等关键问题,从而实现技术灾害多阶段群决策的全局最优化。

#### 1.5.1.4 应急群决策有效性评价方法研究

由于决策目标不同,或受资源限制,不同的决策环境下决策群体可能做出不同的决策,因此实施决策有效性评价应基于决策的个体特征,评价结果才具有可比性。为此,构建基于个体特征识别的应急群决策的有效性评价模型,在评价结果的基础上,分析影响决策有效性的关键因素,从而改进决策效率和决策质量。

#### 1.5.1.5 网络化技术灾害应急响应群决策支持系统构建

在上述研究的基础上,为实现群决策过程中数据监测与信息共享,解决现有应急响应实践中职能分割产生的功能障碍,提高应急响应群决策的可操作性,突破决策群体规模和分散程度的限制,采用网络化技术构建技术灾害应急响应群决策支持系统。

为此,在本书研究中拟解决的关键问题包括:①基于案例库的应急方案检索与相似案例匹配。②局部群决策模式下方案、属性与专家权重的分配。③多阶段群决策中专家、阶段的权重分配。④群决策有效性评价中的决策个体特征识别。⑤基于网络的群决策支持系统框架、功能模块设计。

### 1.5.2 创新性

与现有研究相比较,本书的创新性主要体现在:

(1)从界定技术与技术系统出发研究了技术灾害发生的机理,并对技术灾害典型特征进行了归纳,对技术灾害理论进行了探索。

(2)基于案例推理解决应急群决策的方案生成问题。采用整体优势度改进现有案例检索策略不能识别负向匹配案例的弊端,并基于效果域匹配采用自适应控制对检索到的方案进行调整。

(3)提出适用于技术灾害应急响应的局部群决策方法。针对技术灾害多灾种衍生与易发次生灾害的特征以及由此产生的应急技术难题,使决策者基于领域知识对应急方案集合进行局部判断,通过集结决策者的局部偏好获得群体决策解。

(4)解决了技术灾害多阶段群决策过程中决策个体的分阶段赋权问题。由于技术灾害应急响应涉及广泛的领域知识,决策个体在不同决策阶段的意见具有不同的权威性,因此,分阶段赋权可以发挥决策群组在各个决策阶段的最大决策支持价值。

(5)基于灾情数据和信息的实时监控功能,构建了网络环境下技术灾害应急响应群决策支持系统,为技术灾害应急响应群决策提供技术支持,提高应急决策效率和决策质量。

## 1.6 本书结构与章节安排

基于上述研究内容，本书结构与章节安排如图 1.1 所示。

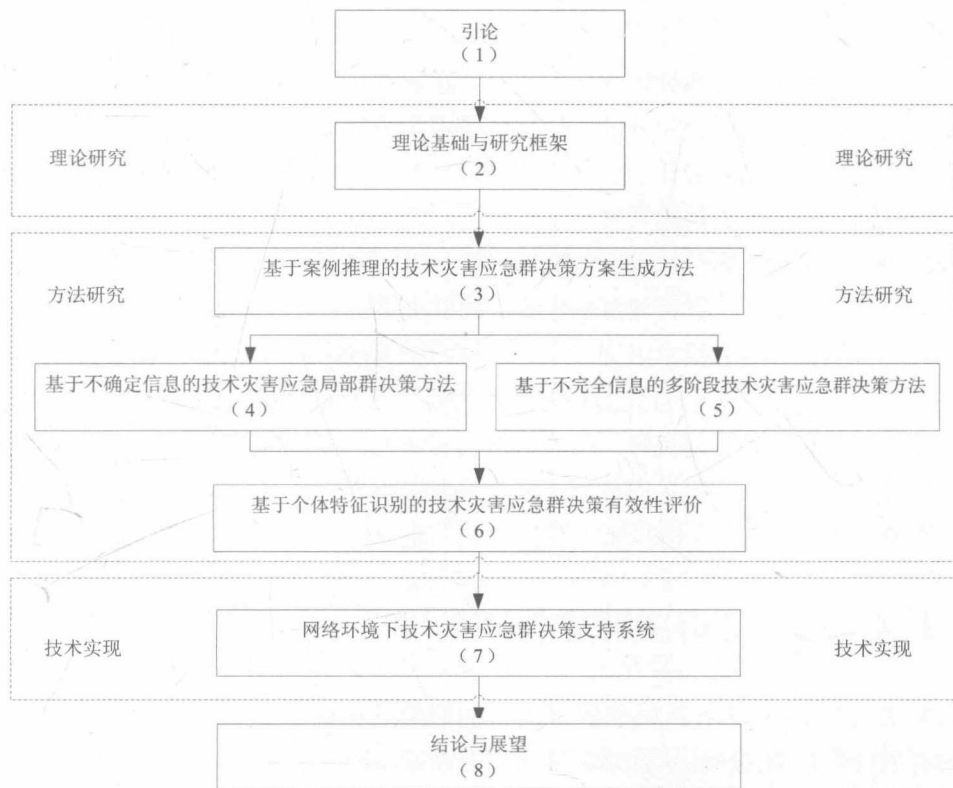


图 1.1 结构与章节安排

本书主体分为3个部分，分别为技术灾害应急群决策的相关理论研究、方法研究与技术实现。第1章通过背景研究和文献综述，提出技术灾害应急群决策研究的相关问题；第2章为理论研究，对技术灾害应急群决策理论基础进行研究，并形成技术灾害的一般性认知，从而构建本书研究的基本框架；第3章、第4章、第5章、第6章构成了本书关于技术灾害从群决策方案生成、群决策实施到群决策有效性评价的方法研究部分；第7章开发了技术灾害应急响应群决策支持系统，对上述方法予以技术实现；第8章归纳了本书研究中存在的不足并对未来研究方向进行展望。



## 2 理论基础与研究框架

技术灾害应急决策过程异常复杂而且必须满足时效性要求,多数情况下决策信息模糊甚至不完全,决策任务相对分散,往往需要多学科知识相互交叉,多个体经验相互融合,共同承担重大的决策责任、分散决策风险。为此技术灾害尤其需要群体知识和经验的支持,从而形成了一类技术灾害应急群决策问题。目前,群决策问题已经取得了大量的研究成果,其决策思想与决策方法能够为技术灾害应急响应提供理论基础,但是针对技术灾害特征、满足技术灾害应急响应要求的群决策研究还非常有限。

为此,本章在对现有技术灾害应急群决策的相关理论进行综述的基础上,将对技术灾害进行全面深入地思考。首先通过对技术与技术系统的研究,对技术灾害进行界定,并通过分析技术灾害的发生机理,提炼技术灾害应急决策的典型特征,从而形成技术灾害的一般性认知,为技术灾害应急响应群决策方法研究提供理论依据。最后,基于上述研究,本章将构建全文的研究框架,从而形成完整的技术灾害应急群决策研究体系。

### 2.1 技术灾害应急群决策基本理论

自从有文字记录以来,关于技术灾害的研究已经持续了近百年。1917年12月6日,装有TNT炸药的法国军火船诺瓦斯考蒂亚在新斯科夏的哈利法克斯港与一艘比利时的救援船相撞后发生爆炸,当时造成大量人员伤亡并引起社会秩序混乱,在场的Prince记录了这次灾难的发生和处置过程,建立了最初的技术灾害理论基础,同时也开创了历史上对技术灾害的首次研究。在此之后,技术灾害相关研究成果相继出现。William和Mark通过大量案例分析,系统地介绍了技术灾害的成因、现状和趋势。Britkov研究了重大工业事故中的社会因素,如监管部门的职能、机制、经济和法律的影响,并提出这些社会因素对于引发人为事故具有重要作用。然而,直到进入20世纪80年代,随着规模巨大的技术灾害日益频发,包括三英里岛核泄漏、印度博帕尔农药厂剧毒化学物质泄漏、切尔诺贝利核电厂爆炸等灾害事件的发生引起了学界的广泛关注,技术灾害研究才真正地取得了突破性进展。其中,众多学者尤其关注于技术灾害的成因以及能否规避等问题,并先后发展出多项经典理论。

#### 2.1.1 技术灾害经典理论

##### 2.1.1.1 常态灾害理论

耶鲁大学社会学系 Perrow 教授曾于 1979 年担任三英里岛核事故的总统委员会顾