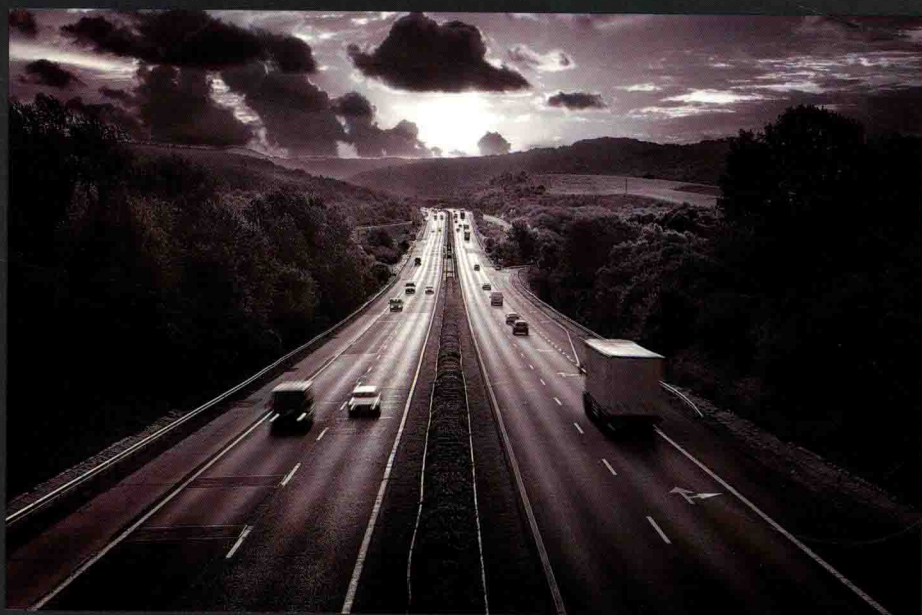


环保公益性行业科研专项经费系列丛书

# 核事故 应急撤离管理

Management of Emergent Evacuation in  
**Nuclear Accidents**

许定 毛天露 郜建伟 著



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

环保公益性行业科研专项经费系列丛书

# 核事故 应急撤离管理

Management of Emergent Evacuation in  
Nuclear Accidents

许定 毛天露 郜建伟 著



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

## 内容提要

本书论述核事故情境下的场外应急响应和撤离行动管理。应急响应的基础是输入负熵的试错序列行动,其指导思想是基于效果和状态导向,并围绕熵减行动时间序列构造具有复杂自适应性的应急响应系统。书中构造了核事故情境下的个体心理应激反应模型,分析了社会恐慌心理传染中的媒体和社会网络作用,研究了群体中个体的屈从心理和个体由局域感知而形成的群体行为。书中构造了“行动—反应”试错行动序列,分析了其中的决策群体的感知、对策与决策、行动与适应的指控过程,建立了考虑被撤离人群和决策群体心理的核事故应急撤离的总体模型。针对核事故无法实验和心理易得性极低的特点,书中以仿真为基本的研究途径,介绍了“核电周边人员应急撤离的虚拟现实模拟系统”,并介绍了相关实证研究结果。书中论述了核事故应急响应预案的实质、应有的基本构成和编制建议,可作为核电厂所在地各级地方政府核事故场外应急响应预案的编制参考资料。本书可作为相关研究的参考资料,作为核动力、核安全、应急管理等专业和短程心理学领域的参考教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

核事故应急撤离管理 / 许定, 毛天露, 郜建伟著.

—上海: 上海交通大学出版社, 2016

ISBN 978-7-313-15375-3

I. ①核… II. ①许…②毛…③郜… III. ①放射性  
事故—应急对策 IV. ①TL73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 273255 号

## 核事故应急撤离管理

著 者: 许 定 毛天露 郜建伟

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 郑益慧

印 制: 上海景条印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 478 千字

版 次: 2016 年 11 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-15375-3/TL

定 价: 52.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 21

印 次: 2016 年 11 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021-59815625

环境保护部  
环保公益性行业科研专项经费项目系列  
丛书编著委员会

---

顾 问：黄润秋

组 长：邹首民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

# 序 言

目前,全球性和区域性环境问题不断加剧,已经成为限制各国经济社会发展的主要因素,解决环境问题的需求十分迫切。环境问题也是我国经济社会发展面临的困难之一,特别是在我国快速工业化、城镇化进程中,这个问题变得更加突出。党中央、国务院高度重视环境保护工作,积极推动我国生态文明建设进程。党的十八大以来,按照“五位一体”总体布局、“四个全面”战略布局以及“五大发展”理念,党中央、国务院把生态文明建设和环境保护摆在更加重要的战略地位,先后出台了《环境保护法》、《关于加快推进生态文明建设的意见》、《生态文明体制改革总体方案》、《大气污染防治行动计划》、《水污染防治行动计划》、《土壤污染防治行动计划》等一批法律法规和政策文件,我国环境治理力度前所未有,环境保护工作和生态文明建设的进程明显加快,环境质量有所改善。

在党中央、国务院的坚强领导下,环境问题全社会共治的局面正在逐步形成,环境管理正在走向系统化、科学化、法治化、精细化和信息化。科技是解决环境问题的利器,科技创新和科技进步是提升环境管理系统化、科学化、法治化、精细化和信息化的基础,必须加快建立持续改善环境质量的科技支撑体系,加快建立科学有效防控人群健康和环境风险的科技基础体系,建立开拓进取、充满活力的环保科技创新体系。

“十一五”以来,中央财政加大对环保科技的投入,先后启动实施水体污染控制与治理科技重大专项、清洁空气研究计划、蓝天科技工程专项等专项,同时设立了环保公益性行业科研专项。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》、《国家创新驱动发展战略纲要》、《国家科技创新规划》和《国家环境保护科技发展规划》,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”以来,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目479项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、化学品、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,已验收的项目中,共提交各类标准、技术规范997项,各类政策建议与咨询报告

535项,授权专利519项,出版专著300余部,专项研究成果在各级环保部门中得到较好的应用,为解决我国环境问题和提升环境管理水平提供了重要的科技支撑。

为广泛共享环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,不断提高环境治理能力现代化水平,为持续改善我国环境质量提供强有力的科技支撑。

黄润秋

中华人民共和国环境保护部副部长

2016年10月

## 第 1 章 绪论 1

---

- 1.1 核能的优势 / 1
- 1.2 核事故的影响 / 2
- 1.3 核事故应急撤离管理 / 6
- 1.4 研究方法 / 7
- 1.5 内容安排 / 10

## 第 2 章 核事故应急响应 11

---

- 2.1 核事故及其应急响应特征分析 / 11
- 2.2 管理应急响应中的复杂性 / 28
- 2.3 构造应急响应系统 / 44
- 2.4 危机公关与指令有效性 / 59

## 第 3 章 被撤离人群的心理与行为 79

---

- 3.1 核事故情境下的心理环境 / 79
- 3.2 核事故情境下的个体心理应激 / 84
- 3.3 从心理到行为的意动 / 122
- 3.4 社会网络和恐慌情绪传染 / 132
- 3.5 群体心理应激和群体行为 / 139
- 3.6 群体行为管理 / 146

<b>第4章 撤离行动的指控</b>	<b>158</b>
4.1 群体判断与决策 / 158	
4.2 撤离“行动—反应”循环与指控模型 / 172	
4.3 群体移动模型和仿真 / 193	
4.4 撤离行动仿真研究 / 199	
4.5 撤离行动仿真实证研究 / 214	
<b>第5章 核事故应急响应预案</b>	<b>240</b>
5.1 预案的实质和构成 / 240	
5.2 预案编制 / 256	
5.3 核事故危机公关与新闻发布会预案 / 266	
5.4 心理胜任性遴选与培训 / 278	
5.5 治理与社会心理预警系统 / 285	
<b>参考文献</b>	<b>287</b>
<b>索引</b>	<b>314</b>
<b>后记</b>	<b>325</b>



### 1.1 核能的优势

世界各国已经逐步形成了核能是目前实现低碳减排和可持续发展的唯一可行的一次能源的共识。与传统煤电相比,核电除了在能量密度、运输量与运输损耗、规模经济效益等方面具有显著的优势(朱华,2009)之外,更为重要的是核能的碳排放极低。国际原子能机构在2007年年报中指出,在到2030年这段时间里,就以全球最低平均社会成本实现碳减排而言,核电具有最大的缓解潜力。若没有核电,全世界的二氧化碳其他排放量在现有基础之上每年还将以10%的速度递增,而目前的世界核电规模已经可以每年减少23亿吨的二氧化碳排放量。连各国绿党和环保人士也从传统的“反核”观点发展为“兴核”观点,一些早期的环保活动家在2008年总结绿色运动的经验教训后,主张绿色应以气候变化为重点,敦促环保人士“质疑常识”;他们反思了由于过去主张“无核”,致使世界各国更加依赖燃煤发电,实际导致了更多的碳排放;他们也认识到他们主张的“绿色”能源,例如风能和太阳能因种种名义而风靡一时,但是风电和光伏发电依然不到全世界电力供应的1%,高昂的成本和占用更多的土地使人们对它们采取回避态度。一部分原来“反核”的绿党人士也认识到核能是实现低碳和可持续发展的唯一可行的一次能源,是“拯救世界的力量”<sup>②</sup>。

就能量密度而言,核能和化石能是高密度一次能源,而太阳能、风能、生物能、波浪能等可再生能源是低密度一次能源。从德、美两国对新能源的应用实践来看,都采取了以高密度能源为基础,以低密度能源为补充并侧重于公众教育的能源战略。高密度的核能适用于大电网,对国民经济发展贡献大;低密度的太阳能和风能适用于分布式电网,对公众的教育意义大。纵观低碳可持续发展途径的选择问题,各国都注意到核电在碳减排方面难以替代的优势,大力发展核电是解决能源结构矛盾的基本途径之一。

<sup>①</sup> 本著作得到了国家重点科研项目 国家环境保护部公益性行业科研专项“核电厂周边人口中心人员撤离能力评估技术的研究”(项目编号 201309058)项目的资助。

<sup>②</sup> 约翰·蒂尔尼. 献给地球日,赖以生存的七条新规则[N]. 美国《纽约时报》网站 4月19日文章。资料来源:2010年4月28日《参考消息》第12版转载。

我国将核电作为能源发展的长期战略重点<sup>①</sup>,优先、加快、充分发展。目前我国的核电运行功率约1.7万兆瓦(1 696.8万千瓦),到2020年运行达到4万兆瓦(4 000万千瓦),在建核电容量保持在1.8兆瓦(1 800万千瓦左右),约要新建22个核反应堆。

## 1.2 核事故的影响

核事故一般是指可能或者已经引起放射性物质释放、造成重大辐射后果的核电厂核事故。其他的放射性事故称为辐照事故。

### 1.2.1 核辐射的生理伤害

核事故对人的危害主要是逸出安全壳的放射性物质对人体的辐照(朱继洲 单建强, 2009),又分为人体外的外辐照和人体内的内辐照。外辐照是人体受到放射性烟云的辐照和烟云地面沉积的辐照。内辐照是人体吸入空气中放射性物质的内辐照,或通过食物链造成的内辐照。在相同辐照剂量下,由于人体皮肤的保护作用,内辐照或者放射性物质直接对人体外露的粘膜的辐照的伤害性更大。内辐照具有下列明显不同与外辐照的特征:①放射性污染源出现在人体内,从而导致所接收的剂量在体内扩散;②与外辐照相反, $\alpha$ 和 $\gamma$ 微粒起重要作用;③难以事先或在工作过程中估计剂量。

各类核辐射的生物效应在很大程度上可以归因于电离,它使得细胞机体中起重要作用的各种分子(例如蛋白质)毁坏。在相同辐射能量时,人体受辐射伤害的程度由“比电离”的大小——即每单位路程上电离对的数量决定。带电粒子的辐射,例如 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 辐射,因为原子内电磁场的存在而比中子辐射较弱。 $\alpha$ 粒子射程较短,在空气中一般只有3到4厘米的穿行距离,在水、纸和动物体中的穿透力只为空气中射程的千分之一左右,一张薄纸就能阻挡 $\alpha$ 粒子;但是, $\alpha$ 粒子电离强度高,进入人体后会产生很大的损伤,因此要严格防止 $\alpha$ 粒子进入人体内。 $\beta$ 辐射是电子流辐射, $\beta$ 衰变分为 $\beta^-$ 衰变和 $\beta^+$ 衰变,平均衰变能量大约为1.2 MeV(1.2兆电子伏),射程较长,在空气中有几米长,在混凝土内约为几毫米,与 $\gamma$ 射线或中子流相比,外辐照时 $\beta$ 辐照只有轻微的伤害,但也能对皮肤和眼结膜等造成严重伤害。 $\gamma$ 辐射是电磁性辐射,其穿透能力比较强,它与物质相互作用时被吸收,密度高的物质吸收 $\gamma$ 射线的能力更强。

中子不带电荷,因此当中子入射物质时,与原子核外的电子几乎没有作用,不会直接产生电离,但是它能与原子核作用,其结果是产生质子或中子,质子也像 $\alpha$ 粒子一样,会在很短的距离内散失它们的能量而产生很大的电离。人体受到中子辐照时,中子与生物组织中原子核的相互作用会产生反冲核、质子, $\alpha$ 粒子和 $\beta$ 粒子等带电粒子和 $\gamma$ 电磁性射线,它们都有很强的直接或间接导致电离的能量,使生物体内产生强烈的电离,破坏细胞正常的化学物理状态,引起生理上的损伤性变化。

<sup>①</sup> 中国能源中长期发展战略研究项目组. 中国能源中长期(2030年、2050年)发展战略研究[M]. 北京: 科学出版社, 2011. 2.

辐照对人体的伤害主要是躯体效应和遗传效应,根据伤害发生的不确定性又分为随机效应和非随机效应。导致人们高度心理恐慌的主要是随机效应和遗传效应。

### 1. 躯体效应

放射性物质通过辐照能量对人体器官和生物组织造成直接伤害,辐照在个体身上的,称为躯体效应。

### 2. 遗传效应

放射性辐照粒子在人体器官或生物组织上的沉积,并通过辐射能量对细胞遗传物质造成损害,影响到个体后裔的,称为遗传效应。

核辐照对人体各个器官和生理组织的危险程度,具有不同的相对危险度权重因子。其中对人体性腺的权重因子是最高的,高达 2.25;其他依次是乳腺 0.15,红骨髓和肺都是 0.12,甲状腺和骨表面都是 0.03,其他组织共为 0.30。虽然甲状腺的权重因子并不是最高的,但是因为甲状腺通常暴露在外,容易受到辐照,因此通常采取服用专用的碘片来防护。

核辐照的遗传效应是导致人类心理恐慌的主要原因之一,这是由人类的进化心理所决定的,无意识的、潜意识的或者是有意识的,但都会导致极度的心理恐慌,这是人类和各个个人种、群族保持自身繁衍的基本心理特质之一。因此在核电厂工作规范和核事故应急预案中,都规定要严格保护育龄妇女、年龄未满 18 岁者,或者过去已经受了有效剂量辐照当量超过 25 rem(雷姆)者。

### 3. 非随机效应

非随机效应包括了一切躯体效应中早期效应和眼晶体的白内障等晚发效应,其严重程度和躯体受辐照的剂量有关,存在着阈值,即只有当躯体受辐照的剂量超过了这个阈值时,躯体才会发生此种效应。这里的阈值是指,当个体受到的辐照超过某个剂量时,某些效应将立即不由自主地表现出来,例如剂量高于 100 rem(雷姆)时个体将出现恶心症状。

### 4. 随机效应

随机效应是指躯体的晚发效应中的各种遗传效应和癌症,其发生概率和受辐照剂量有关,而其严重程度与受辐照的剂量无关,不存在阈值。这表示任何微小的剂量都可能引起随机效应,只是效应的发生概率极低而已,且某些躯体效应,特别是癌症,也是随机的。

## 1.2.2 核事故的心理影响

### 1. 心理冲击大

核事故的心理冲击极大,每次核事故的发生,都会导致国际响应,且每次都导致反核运动的再现。核事故对人的极大的心理冲击,客观上来自放射性污染对人严重的生理伤害,特别是受到核辐射伤害的个体可能罹患癌症的随机效应,以及核辐射导致人体的遗传基因变异而可能导致下一代畸形的遗传效应。主观上来自人们对苏联切尔诺贝利核事故的锚定效应,这一效应已经深深刻在人们的长期记忆力里。

### 2. 生动性渲染和易得性

生动性与易得性的含义相近。生动性通常指某事件是十分具体和易于想象的,有时候还表达某事件在情绪上是令人激动的,或者是事件之间在时间上或空间中的接近性。

许多研究的结果表明,人们更容易被生动性的信息所影响,而不是被那些平淡、抽象或者是统计的数据所影响(Nesbett & Ross, 1980)。这与代表性直觉中的细节性的情境的影响相类似。有关一个事件生动性的故事或描述足以抵消基于有关统计数据建立起来的信心(Nisbett, Borgida, Crandall & Reed, 1976)。其原因是生动的信息是易得的,与平淡的统计信息相比,更容易被回忆起来而产生更大的影响(Borgida & Nisbett, 1977),由此而产生判断和决策偏差。生动性最典型的应用之一是法庭辩护,实验发现,信息的生动性可以影响陪审团最后的决策(Reyes, Thompson & Bower, 1980)。

在许多方面,突出信息与信息易得性与生动性相类似。相对而言,突出、易得、生动的信息具有更大的影响力。通俗地说就是:① 如果一个事件经常发生,那么感到它的概率和可能性也就越大;② 信息越是生动,就越容易被回忆起来;③ 事物越是突出,看起来就越像因果关系。人们对这类关系的知觉部分是由个体对环境中的注意指向决定的,而突出性可以影响个体的注意。

2013年日本的福岛核事故中,世界各国主流媒体和网络对福岛核事故的报道,导致了人们极大的易得性心理偏差。尽管至今并没有任何人在福岛核事故中受到放射性辐射伤害或死亡的消息,但是福岛核事故当时的报道已经在国际社会对人们心理产生了锚定作用,除了核安全领域的专家之外,普通居民难以对这一锚定做出足够的调整。为专门管理心理影响,核事故应急响应预案需要专门的篇幅和计划,即危机公关。

避免或降低易得性直觉和生动性影响的途径是公开比较这些通常被人们低估或高估的风险及其致灾因子。这是应急公关和媒体的责任,但是可能影响媒体的新闻价值。

### 3. 恐慌情绪传播

恐慌情绪具有心理感染性,可以弥漫于人群或社区,形成“恐慌气氛”,这也是在社区中引发大范围恐慌的原因所在,恐慌心理的广泛传播还受到所谓的“社会流瀑效应”(Social cascades)的加速和强化。所谓社会流瀑效应是指当大量的不确定信息和观点从一些人传递到另一些人的过程中,很多人不是依靠自己的实际观察和思考,而是依靠别人持有的观点、依靠各人自己所信赖的他人的判断来做出自己的判断并继续传递这类信息,也就是“人云亦云”。流瀑效应是一种社会趋同行性的群体思维,在突发事件情境中特别容易起作用。社会流瀑分为信息流瀑和名誉流瀑。阴谋论者和极端主义就常常利用社会流瀑效应。流瀑效应促使群体极化,形成正反馈的马太效应。在群体决策的现实世界中,公开发表的言论或决策结果,到底是独立认知的产物,还是信息流瀑和承受名誉压力的结果,是难以判断的。倾听者和观察者往往高估他人的行动,依据独立的信息和认知,而非根据社会压力的程度,结果使得进行群体讨论的群体通常被极化。社会流瀑效应还可能导致对政府的信任度下降和对主流媒体新闻报道的真实性怀疑。这种不信任的泛化对个体正常心理状态的维持和正常社会行为的实施产生重大影响,并导致偏执心理和偏执狂倾向的出现,也能诱发群体事件。

### 4. 心理应激

应激是心理学名词。人类在面对重大灾难,特别是高致死率的地震、海啸、传染性疫情、核事故等突如其来的重大危机时,会出现情绪应激,主要表现为两个方面:一是情绪的心理反应,恐慌、焦虑、沮丧、懊恼;二是情绪的生理性反应,肌肉紧张度、血压、心率、呼

吸等都会发生变化。一方面这些变化有助于机体适应变化的环境刺激,使人变得敏感、多疑、高度紧张和过度戒备;另一方面也可能造成负面影响,人的情绪与生理有着直接的联系,恐慌可以导致一些机体功能的失常,如食欲不振、血压升高、内分泌失调、免疫力下降、行动失常等,从而影响机体的抵御能力,使人麻木、焦虑、孤独和抑郁。

### 1.2.3 日本核事故的心理冲击

2011年3月11日日本福岛由于地震引发了海啸二次灾害,进而引发福岛第一核电站核泄漏事故的三次灾害,此后核事故灾害程度不断升级,直接影响到空气、水、土壤等基本环境要素,影响到周边区域人群的衣食住行。日本原子能安全保安院认为,尽管福岛第一核电站泄漏的放射性物质的总量仅为切尔诺贝利核灾难的10%左右,其事故规模和伤亡人数也远不如前者,但是根据国际核事件分级规则,因为其放射性物质泄漏量远远超过数万万亿贝克勒尔,福岛核灾难最终被评定为与至今最严重的苏联切尔诺贝利核灾难同为最高等级的七级。还有媒体报道了部分国际组织和专家的观点,认为福岛核电站泄漏事故向大气中排放的放射性物质含量已超过切尔诺贝利核事故的水平,而且尽管福岛核事故与切尔诺贝利核反应堆爆炸不同,但反应堆和乏燃料池内的核燃料量几乎是切尔诺贝利的10倍,放射物泄漏量更多。更多的媒体报道放射性尘埃扩散到北半球各地上空。由此日本福岛核灾难给世界各国人民带来了极大的心理冲击。甚至在救援过程中,由于担心救援人员遭受过量放射性辐射,各国救援队也先后远离福岛核事故中心从10 000米到80 000米不等的距离,以后随着核泄漏严重程度的不断升级和被日本官方正式承认,各国救援队完全撤离。

福岛核事故导致世界范围内的核恐惧心理的另一个原因是核技术领域至今仍然神秘和相对专业化。各国的核技术研究都是从国防工业体系发展而来,而且各国的相关研究机构至今对外仍然是相对保密的,或者参与研究者被要求严格保密。这种神秘感不仅只对公众而言,各国绝大部分的大学、科学院和工业研究机构都参与甚少。因此针对核事故,公众难以从身边的知识分子那里获得相关的知识、解释和安慰。此次日本核事故发生后,我国的大部分电视台临时请来的所谓专家的解释也难让公众满意,不仅难以达到缓解公众恐慌心理的效果,而且有专家甚至谈及微波炉的辐射危害,进一步刺激了公众的恐慌心理。

作为对日本福岛核事故的直接反应,已经拥有核电站的国家和地区纷纷发生公众示威游行,坚决要求废除核电。各相关国家政府在公共舆论压力下,纷纷宣布取消核电发展计划,逐步减少核电供应,甚至关闭核电站。日本核事故的心理冲击一直延续至今,对世界各国核能发展和能源战略、资源与环境战略、低碳和可持续发展战略都产生了重大冲击。

日本核事故使得拥有核电站的相关国家政府在公共舆论的压力下减少甚至关闭了核电站,有些还暂停或取消了核电发展计划,这些国家在取消或减少核电后已难以抑制电价的增加。日本能源经济研究所(IEEJ)的报告<sup>①</sup>认为,在一个年度电力需求量为1亿度(100 TWh)的地区,如果一台10万千瓦(100 MWe)的核电机组停运一年,总化石燃料成本将增加600亿日元,碳排放量增减400万吨,平均电力成本将增加400日元/千度,即平

<sup>①</sup> 世界核新闻网站2016年7月28日报道。日本到2018年3月将有19台核电机组重启。//日本能源经济研究所。至2017财年日本经济与能源展望。核能研究展望[EB/OL]。Http://www.world-nuclear-news.org.

均电力成本上升 1.8%，且能源自给率下降；重启核电可推动日本 GDP 增长 0.12%。电价的上涨将导致石油、煤炭等化石能源的进一步短缺和涨价，又进一步导致发电成本的升高。减少或废除核电的发达国家由于发电成本大比例升高将导致其国际产业比较优势的减弱，也对其本国政府和公共舆论形成恢复发展核能的压力。各发达国家的核能产业在输出核能技术与装备到发展中国家的同时，也将导致核能产业的国际比较优势的变化。而且在各国面临减排的压力时，必然会再次考虑发展核电。而且更多的目前对核电依赖度低的发展中国家，出于能源的短缺或能源布局的需要，甚至出于国家技术发展的需要，都存在发展核电的动力和需要。波兰正在发展核电项目，计划容量达 6 000 MWe。爱沙尼亚和拉脱维亚已与核电制造者立陶宛投入了一个联合的核电项目。白俄罗斯已经首次开始建设其来自俄罗斯的两座核反应堆。具有丰富铀资源的哈萨克斯坦，正在与俄罗斯开展密切合作，并计划发展小型反应堆，以便本国使用及出口。在俄罗斯的帮助下，越南计划到 2030 年，实现其首座商业反应堆运营。孟加拉国为建造其国内首座核电厂，已与俄罗斯签订了契约。巴基斯坦在中国帮助下正在建造其三座小型堆，并且准备在卡拉奇附近建造两座大型反应堆。印度尼西亚和泰国也正在计划其核电项目。阿拉伯联合酋长国正在建造其 4 台 1 450 MWe 的南韩反应堆。伊朗第一座核电机组已经运行，另外更多的核电机组已在计划中。沙特阿拉伯、约旦和埃及出于发电与海水淡化目的，也正向核能利用靠近。南非已表示决心执行其进一步的核电发展规划(9 600 MWe)。尼日利亚已向 IAEA 寻求支持以发展其两台 1 000 MWe 机组的计划。

下一次核电快速发展的前提条件分别是在物理域和心理域，前者是指核反应堆的技术进步，后者是指公众心理和国际舆论对于核电安全性和优越性认知的改善。

### 1.3 核事故应急撤离管理

国际通用的应急管理及其阶段划分表述为“减灾(Mitigation)四阶段 P<sup>2</sup>R<sup>2</sup>”：预防(Prevention)、准备(Preparedness)、响应(Response)和恢复(Recovery)。也有将应急准备作为第一阶段，应急响应为核心，突发事件得到控制后，需要尽快进行灾后恢复，平时应根据应急管理过程中的事件经验，展开应急治理工作(刘霞，向云良，2010)。

我国应急管理的法律法规将突发事件分为自然灾害、事故、公共卫生事件和群体事件四类。通常认为“应急管理=常态管理+非常态管理”。其中，应急响应和恢复为非常态，而预防和准备是常态。借鉴军事理论和复杂系统中的思想，应急响应指挥和控制系统的设计和操作目标是“适应性指控结构/系统(Adaptive Architectures for Command and Control, A<sup>2</sup>C<sup>2</sup>)”(阳东升，张维明，刘忠，黄金财，2009)。

核事故应急管理是指核电厂核事故应急管理工作，其目标控制和减少核事故危害<sup>①</sup>。

<sup>①</sup> 《核电厂核事故应急管理条例》，1993年8月4日中华人民共和国国务院令第124号公布自公布之日起施行；根据2011年1月8日《国务院关于废止和修改部分行政法规的决定》修正。http://www.nea.gov.cn/2012-01/04/c\_131262808.htm。

核事故应急响应(朱继洲,单建强,2009:110)是应急管理的一个阶段,是指为了控制或者缓解核事故、减轻核事故后果而采取的不同于正常工作程序的紧急行动,以避免事故的进一步恶化和限制放射性产物对人员和环境的影响。

国际核事件等级表(INES)将核事件和核事故共分为7级:1级至3级分别为异常情况、一般故障和严重故障,属于核事件范围;4级场外无显著风险的事故;3级事故和4级事故都有放射性物质的少量释放,但是对厂外公众的辐照剂量还在规定的限值数量级以内;5级至7级事故都会危及场外居民和环境,依次为具有场外风险的事故、严重事故和特大事故。5级以上事故就要考虑场外应急响应了。我国对核事故实行分级响应,参照国际原子能机构核事故事件分级表,根据核事故性质、严重程度及辐射后果影响范围,确定核事故级别。核应急响应状态分为应急待命、厂房应急、场区应急、场外应急,分别对应Ⅳ级响应、Ⅲ级响应、Ⅱ级响应、Ⅰ级响应。前三级响应,主要针对场区范围内的应急需要组织实施。当出现或可能出现向环境释放大量放射性物质,事故后果超越场区边界并可能严重危及公众健康和环境安全时,进入场外应急,启动Ⅰ级响应,这是最高级别的应急响应,也称为总体应急。

本书聚焦于核事故的场外应急响应阶段,其重要任务是场外人员撤离,相关群体的心理和行为是重要的影响因素,主要关注核事故情境中恐慌的被撤离群体和决策群体的心理过程与行为。

当核电厂发生严重事故造成大量放射性物质泄漏的情况下,核电厂员工及其周边公众需要采取应急撤离措施。有效实施撤离,即按照预定计划安全、快速地将人员撤离出受事故影响的区域,是核电厂场外应急响应的关键任务之一。

应急撤离是涉及因素多且具有较高社会风险的措施,不仅与厂址固定的特性如厂址周围地理状况、基础设施、人口分布以及常见自然灾害等有关,而且与厂址环境的可变因素如事故发展过程、撤离时的天气和交通道路状况、各个待撤离区域内的人员特质等因素相关。能否有效实施撤离以及如何做好撤离计划,必须建立在对这些影响因素详细了解的基础上。

## 1.4 研究方法

核事故非常特殊,一是难以预测且无法实验研究,对放射性物质泄漏的恐惧直接影响到核事故突发事件周边地区的日常生活和工作;二是难以想象,使得问卷调查效用低;三是个体心理上对核事故这类极端负面事件的否定倾向;四是意动心理学的相关研究缺乏可用的成果,使得研究中对相关人群的心理和行为因素的影响更加困难。

### 1. 无法进行实验研究

难以实验研究是核安全研究和管理的特征之一。核事故无法真实实验,更不能让人受到核辐射的伤害,只能进行计算机仿真。核事故由于它的非可控性、放射性污染的持久性以及涉及面广和二次灾害广泛,因此难以开展物理实验,至今为止,都是应用计算机仿真来模拟核事故,在具体的验证研究中,例如在核反应堆堆芯熔融仿真的物理模拟实验,

一般以用铝热合剂来模拟熔融的堆芯,至今还没有模拟其中子辐射的实验案例。切尔诺贝利核灾难发生后,苏联方面封锁消息,在水泥封闭核反应堆的惊慌失措之时,没有记录下核灾难相关的珍贵数据,错过了研究、分析和改进的最好机遇。日本福岛核灾难为国际核安全研究提供了难得的实测数据和相关资料,国际社会都应充分利用这些数据开展核安全研究,并以此来提高仿真的有效性。

## 2. 核事故想象的局限性

个体对结果的想象可以增加对其结果发生可能性的预期(Carroll, 1978),之后的一些研究重复和发展了这一结论,即对给定结果的想象可以使结果容易提取,同时也增加其发生概率的估计(Anderson, 1983; Gregory, Cialdini & Carpenter, 1982)。对结果的想象并不能保证其出现的可能性更高;如果一个事件的结果是很难想象的,想象的努力就会降低他们对其发生可能性的预期(Sherman, S. J., Cialdini, R. B., Schwartzman, D. F. & Reynolds, K. D., 1985)。有关对核战争这样一种极端结果事件的易得性直觉的研究发现,一是让被试更形象地想象核战争爆发时的情境并不能显著影响被试对于发展核战争可能习惯的预期;二是让被试想象发生核战争的各种不同的途径——即路径的易得性——同样不能显著影响他们的判断,尽管不少研究已经发现路径易得性的重要性(Hoch, 1984; Levi & Pryor, 1987; Ross, Lepper, Strack & Steinmetz, 1977; Sherman, Zehner, Johnson & Hirt, 1983)(斯科特, P., 2004: 110)。

回溯式调查方法是在事件发生后的后期或某一个阶段,对被试者前期及当前的心理状况进行调查。这种方法不是当前状况下的调查,有一定的局限性。但是,由于核事故的发生的不可预测性和难以实验或再现特征,使得回溯式方法成为对自然发展的社会事件的研究的常用方法。心理学的灾害性事件研究往往采用回溯性研究。美国1978年三哩岛核事故后半年,有关学者对员工态度进行了问卷调查(芭比 E, 著. 邱泽奇, 译. 2005: 229-230)。也有学者对苏联切尔诺贝利地区在切尔诺贝利核灾难发生后在美国的移民进行了追溯式调研(肯尼迪 C H, 左尔莫 E A, 2008)。

核事故本来发生率就相对较低,至今一共只发生过三次核事故。第一次的美国三哩岛核事故,因为不严重,且地理位置容易隔离,因此没有导致大规模的公众恐慌。第二次是苏联的切尔诺贝利核事故,但是那一次由于苏联当局的高度保密和迅速用水泥覆盖了出事故的核反应堆,因此没有留下详细的资料,现有的相关信息都是事后从俄罗斯或乌克兰披露的信息或者对到达美国的苏联移民的调研中得到的。能够具有相对详细资料和得道广泛报道的只有日本福岛的核事故信息。有关核事故的想象最多只能是局限于日本福岛核事故的媒体报告情景。因此,有关核事故是难以想象的,由此大众对于核事故的发生概率由于其易得性低,就会导致对其发生概率的低估。

核事故的想象困难和心理实验困难,即使是问卷调查核事故时的心理感受,也难以是真实的或能够被普通个体所想象得出的。这源于人们对发生概率小的核事故想象的易得性直觉偏差,核事故的低发生概率更加降低了易得性。因此,在没有充足的核安全科普宣传与培训之前,就简单地开展心理学问卷调查,将会使得上述两个影响的叠加,降低被调查者对核事故发生可能性的预期;反之,如果缺乏系统计划,就贸然开展核安全科普宣传,又有可能导致公众恐慌,反而不利于核电的发展。



### 3. 个体心理的否定倾向

另一个心理影响是个体对负性事件的否定倾向。对事件结果的想象除了可能提高人们对其发生可能性的预期之外,另一种可能是会使人们认为事件的结果是极端负性的,而且有些事件的结果是如此糟糕,以至于对事件结果的想象会使人们否认这样的结果会在自己身上发生(Rothbart, 1970)。人们对涉及自己或与自己最亲近的家人和朋友身上的极端负面事件和非常恐怖的情境,会产生强烈的排斥感和否定感,抵消了易得性的提升,因此对这样极端负面结果的想象并不一定能够提高个体对结果发生可能性的预期。

因此,当试图开展调研、组织演练或培训时,让参与者或被试想象核事故这样极端负面且非常恐怖的事件后果时,一方面由于极难想象发生核事故的情境,另一方面由于参与者或被试可能产生的强烈的否定感和排斥感,并不一定能够提高参与者或被试对核事故发生可能性的预期,这将使得有关核事故的调研、培训、演练和应急响应模拟变得不那么有效。

### 4. 意动心理学缺乏可用的成果

人们究竟是如何从心理意动发展为具体行为的,能够明确描述的内容目前实在是太少了。至今为止,意动问题并没有明确的研究成果,即从人的心理到行为还难以具有必然性,也难以完全根据心理活动的判断来预测人的行为。

有关态度到行为的研究结果指出,“意动”非常复杂,因为抽象态度不一定导致行为;只有在针对非常具体的目标和事物的时候,态度的指向才会导致明确的行为。这就提示,在核安全事件应急响应撤离过程中的现场指挥与危机公关具有完全不同的心理要求,对于前者,面对群体时,必须指挥到十分具体的目标、方法和行动;而对于危机公关,因为涉及面过广,不可能十分具体,而其主要目标是社会影响,因此主要目标在于改变态度。当然在一些具体的行动目标上应该十分具体。相对而言,心理学中对情绪的研究是目前意动指向比较直接的。

### 5. 群体心理与行为的仿真研究

尽管社会心理学领域对决定较大群体中相互影响的一般因素了解很多,并构建了理论来就揭示群体过程的复杂性(e. g., Arrow, McGrath & Berdahl, 2000; Harton & Bourgeois, 2004; Latané et al., 1995),可类似这样的情况还是非常复杂。

学术界用就计算机来模拟复杂过程,发现看似杂乱的事物中包含着秩序。计算机模拟从一开始就被证明对理解群体动态和心理学的其他领域具有很大的用处(e. g., Hastie & Strasser, 2000; Ilgen & Hulin, 2000; Rousseau & Van der Veen, 2005; Tesser & Achee, 1994; Vallacher, Read & Nowak, 2002; Latané & Bourgeois, 2001)。美国麻省理工学院的群体动态性研究中心在二战刚结束后的1946年就率先开始了以进入麻省理工学院学习的退伍军人新生及其家属入校住宿的西门(Westgate)计划,成为群体心理学的经典研究(Leon Festinger, Stanley Schachter & Kurt Black, 1959)。这项研究计划率先应用计算机来开展模拟研究(Harton & Bourgeois, 2003; Latané & Bourgeois, 1996)。这项研究发现,随着时间的流逝,相邻而住的居民对他们的社区委员会持有相似的态度,原来分散的观点开始慢慢趋同,因为人们对他人施加影响或者被那些住得很近的人影响,从而在杂乱中自组织产生的越来越密切的群体,最初那些持有同等观点的分散个