

先进堆应急计划研究中的若干问题

黄挺, 曲静原

清华大学核能与新能源技术研究院, 北京 100084

摘要 应急计划是核安全纵深防御原则的重要组成部分。相对于目前世界范围内运行的核电厂而言, 目前提出的先进堆设计具有更好的安全特性, 例如, 事故的发生概率很低、事故情况下放射性释放具有较长的延迟时间等。为了增强公众的可接受性和提高核电的竞争能力, 核工业界希望政府核安全管理部门能够考虑先进堆的这些安全特性, 放宽对先进堆应急计划与准备的相关要求, 如简化应急计划。本文首先简要描述核电厂应急计划区划分的一般方法, 然后, 介绍目前关于先进堆应急计划的研究现状。最后, 对先进堆应急计划决策的相关重要问题进行了初步的讨论。

关键词 先进轻水堆; 纵深防御; 应急计划; 应急计划区

中图分类号 TL7

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)23-0092-04

Some Issues in the Emergency Plan of Advanced Reactors

HUANG Ting, QU Jingyuan

Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract Emergency planning is an important component in the strategy of defense in-depth for nuclear safety. As far as the current nuclear power plants in operation over the world are concerned, enhanced safety features are integrated in the design of advanced reactors. For example, their probabilities of occurrence of severe accidents are very low. The time delay before the release of radioactivity into the environment after the initiation of an accident would be considerably long. Based in part on such considerations, the nuclear industry expects that nuclear safety authorities would take this into account when making decisions about emergency planning of advanced reactors. Preferably, the current relevant requirements concerning emergency planning could be relaxed when applied to advanced reactors, and the emergency planning be simplified. This paper presents first the general approach currently used to estimate the size of emergency planning zone. Then the current status of studies on emergency planning of advanced reactors is reviewed. Finally, important issues which should be carefully investigated in the decision making of emergency planning of advanced reactors are discussed.

Keywords advanced reactor; defense in-depth; emergency planning; emergency planning zone

0 引言

早期设计的轻水堆发生严重事故的概率不可忽略, 事故造成的后果也比较严重。为了减轻事故发生时给反应堆周边公众带来的危害, 必须及时采取预先计划和准备好的应急防护行动。详细的应急计划和充足的应急准备可以使应急防护行动得到更有效的实施, 从而最大限度地缓解事故对公众健康和环境造成的有害影响。在核安全的纵深防御原则中, 应急计划是最后一个保护层次。建立应急计划区并在此区域内做好相应的应急响应准备是制定应急计划的技术基础, 对核安全的纵深防御具有十分重要的意义。

1978年, 美国核管会(NRC)发表了《国家和地方政府用于支持发展轻水反应堆辐射应急响应计划的基础》(NUREG-0396), 这是轻水堆应急计划制定的经典文件。报告研究讨论了应急计划区划分的基础、原理和方法, 形成了应急计划区划分的准则, 并且确定了美国应急计划区的种类和大小^[1]。此后, 世界上其他拥有核电站的国家也都根据本国国情, 确定了相关应急计划区的种类和大小, 表1列举了一些主要国家的情况^[2-4]。

对于目前世界上广泛运行的反应堆来说, 这些应急计划区是合适的, 是根据这些反应堆的安全特性和相应的厂址情况划定的。但是经过30年的发展, 先进堆的设计已经在事故缓解和事故预防方面增加了许多新的安全特性, 发生严重事故的概率也大大减小。为了提高核电本身的经济性, 增加核电在电力市场的竞争力, 核工业界也希望政府核安全管理部门

收稿日期: 2009-10-15

作者简介: 黄挺, 博士研究生, 研究方向为辐射防护及环境保护, 电子信箱: t-huang06@mails.tsinghua.edu.cn; 曲静原(通信作者), 研究员, 研究方向为核事故后果评价, 核应急决策支持系统的研究与开发, 辐射防护, 风险评价等, 电子信箱: qujyuan@tsinghua.edu.cn



性有了十分有效的缓解。如果以现有应对常规灾害的应急响应能力,可以在 24h 甚至更短的时间内,将可能受到放射性事故影响的人员撤离到安全地带,那么意味着可以取消场外应急通告和演习。在这种情况下,保留一定的烟羽应急计划区可以对事故影响区域进行更好的管理,但是在应急计划区范围上可以有一定的简化。至于能够在多大程度上减小应急计划区以及相应的应急准备,则需要对具体核电站的安全特性和环境特征(如人口分布和交通道路等条件)进行深入细致的分析,充分考虑计算分析模型本身以及环境特征的不确定性,对紧急防护行动(如撤离)的时间要求做出现实的估计。

2.3 代价利益方法研究

在 NUREG-0396 中,对应急计划与准备的代价有效性进行了讨论,但没有将其作为应急准备的基础,关键原因是无法准确估计制定与维护计划的成本以及应急计划的效益^[1]。

2006 年,中国科研机构对应急准备的代价利益分析方面做了相关的研究^[15]。研究结果表明,事故发生时间是影响应急准备代价有效性的重要因素之一。由于事故发生随机性,难以对具体厂址应急准备的代价有效性做出明确的评估。

同时,应急准备的代价有效性还依赖于辐射剂量货币当量估计等涉及主观价值判断的因素。因此,代价利益分析难以单独用来评估应急准备的代价有效性,但作为一种辅助性的决策分析手段能够提供必要的有益信息。

3 结论与建议

先进堆的安全特性,如事故的发生概率较目前广泛运行的反应堆大大降低,从事故发生到放射性向环境的释放具有更长的延迟时间,以及事故情况下的后果缓解措施能够将放射性的释放限制在较低的水平上等,是先进堆应急计划能够得以简化的重要技术依据。

目前关于先进堆应急计划的研究表明,应急计划仍然应是纵深防御原则的组成部分,在应急计划区的测算中采用现有的事故后果评价方法是合适的。同时,在现有应急计划区划分方法的基础上,应当适当考虑事故概率准则的使用。使用何种概率准则,包括概率截断值取在什么水平,都是需要进行深入研究的问题。

先进堆事故情况下宽余的放射性释放延迟时间(如一天到几天)对于简化先进堆的应急计划具有重要的现实意义。例如,对于公众的撤离而言,如果事故情况下放射性的释放具有足够长的延迟时间,使得利用当地通常所具备的救灾能力,就能将核电站周围受影响的公众在释放前撤离,那么就没有必要为预防性的撤离建立专门的应急计划区并进行相应的应急准备。

应急准备的代价有效性是应急计划研究的重要内容,同时又是一个涉及众多影响因素的复杂问题。在这个方面,有一些定性和定量的方法可以作为辅助性的决策分析手段,为应急计划和应急准备提供附加的有益信息。应急准备的规模(如应急计划区大小)和范畴还取决于公众可接受性等问题,

这在很大程度上是一个社会学的问题。目前的经验表明,可以在应急计划技术论证的基础上,对公众可接受性的影响做出适当的考虑。

参考文献 (References)

- [1] USNRC. Planning basis for the development of state and local government radiological emergency response plans in support of light water nuclear power plants[R]. NUREG-0396, Washington, DC: USNRC, 1978.
- [2] 国家标准化管理委员会. GB/T 17680-2008 核电厂应急计划与准备准则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 17680-2008 Criteria for emergency planning and preparedness for nuclear power plants-Part 1: The dividing of emergency planning zone [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [3] 赵博, 邱林. 压水堆核电站应急源项的选定和应急计划区的划分[J]. 辐射防护通讯, 2003, 23(2): 6-10.
Zhao Bo, Qiu Lin. *Radiation Protection Bulletin*, 2003, 23(2): 6-10.
- [4] 施仲齐. 核事故应急响应教程[M]. 北京: 原子能出版社, 1993.
Shi Zhongqi. A course in emergency response for nuclear accidents[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1993.
- [5] USNRC. Reactor safety study: An assessment of accident risks in U. S. commercial nuclear power plants[R]. Washington, DC: WASH-1400, 1975.
- [6] 施仲齐, 杨玲. 我国在建核电厂烟羽应急计划区大小的研究和建议[J]. 核科学与工程, 1992, 12(4): 289-302.
Shi Zhongqi, Yang Ling. *Chinese Journal of Nuclear Science and Engineering*, 1992, 12(4): 289-302.
- [7] USNRC. Severe accident risks: An assessment of five U.S. nuclear power plants[R]. NUREG-1150, Washington, DC: USNRC, 1990.
- [8] USNRC. Accident source terms for light-water nuclear power plants[R]. NUREG-1465, Washington, DC: USNRC, 1995.
- [9] USNRC. Results of evaluation of emergency planning for evolutionary and advanced reactors [R]. SECY-97-020, Washington, DC: USNRC, 1997.
- [10] Massachusetts Institute of Technology, Department of Nuclear Engineering. Environmental impacts of the modular high temperature gas-cooled reactor (MHTGR)[R]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1990.
- [11] USNRC. Plan for Resolving Policy Issues Related to Licensing Non-light Water Reactor Designs[R]. SECY-02-0139, Washington, DC: USNRC, 2002.
- [12] EPRI. Technical Aspects of ALWR Emergency Planning [R]. TR-113509, Palo Alto, CA: EPRI, 1999.
- [13] Westinghouse Electric Co, Politecnico di Milano. Revising The Need for Relocation and Evacuation Measures Unique for NPPs for Innovative SMRS [R]. STD-ST-08-2 Rev. 0, Attachment A, CRP IAEA 13091/13095, 2008.
- [14] 陈晓秋, 李冰, 林权益. 对 AP1000 核电厂简化应急计划的探讨[J]. 辐射防护, 2008, 28(4): 244-249.
Chen Xiaochu, Li Bing, Lin Quanyi. *Radiation Protection*, 2008, 28(4): 244-249.
- [15] 刘志轩. 核电厂应急准备的代价利益分析[D]. 北京: 清华大学核能与新能源技术研究院, 2006.
Liu Zhixuan. Cost/benefit analysis of emergency preparedness for nuclear power plants[D]. Beijing: Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, 2006.
- [16] Lee Y W, Kang Changsun, Moon J H. Reduction of EPZ area for AP1400 and its public acceptance [J]. *Progress in Nuclear Energy*, 2004, 44(2): 75-84.

(责任编辑 王芷)