

文章编号：0258-0926(2015)03-0054-03; doi: 10.13832/j. jnpe. 2015.03.0054

制定核电厂应急行动水平时 应急操作规程的使用

于 红

中国核动力研究设计院核反应堆系统设计技术重点实验室，成都，610213

摘要：核电厂发生核事件后执行的应急操作规程与应急状态分级初始条件和应急行动水平存在某些相关性。但是目前国内外推荐的应急状态分级初始条件和应急行动水平制定方法以“状态导向”为基础，应急操作规程则以“事件导向”为基础，且存在进入应急操作规程的入口条件与初始条件和应急行动水平类似但又不完全符合的情况。本文根据制定初始条件和应急行动水平过程中总结出的经验，对应急操作规程与应急状态等级、识别类、初始条件和应急行动水平的关系进行讨论，并提出在制定核电厂应急状态分级初始条件和应急行动水平时如何使用应急操作规程的建议。

关键词：核电厂；应急；初始条件；应急行动水平；应急操作规程

中图分类号：TL364 **文献标志码：**A

Application of Emergency Operation Procedure in Establishing NPP Emergency Action Level

Yu Hong

Science and Technology on Reactor System Design Technology Laboratory, Nuclear Power Institute of China, Chengdu, 610213, China

Abstract: Sometimes, the emergency operation Procedure implemented after the accident is related to the emergency IC and EAL. However, the basis of the emergency IC and EAL is the indications and parameters representing plant safety state, and the basis of the EOP is the events and accidents, and sometimes the indications and parameters is same in emergency IC and EAL and EOP, sometimes they are different in EAL and EOP. The correlations EOP with emergency classification level, recognition categories, IC and EAL are discussed and the application of EOP in establishing IC and EAL is proposed in the paper.

Key words: Nuclear power plant, Emergency, Initiating condition, Emergency action level, Emergency operation procedure

0 前 言

在制定核电厂应急状态分级初始条件（IC）和应急行动水平（EAL）时会发现，核电厂发生偏离运行工况的核事件后执行的应急操作规程（EOP）与应急状态分级 IC、EAL 存在某些相关性。操纵员在执行 EOP 时，需要以能表征核电厂安全功能的指示和参数为基础；而应急指挥在确

定 EAL 时，需要以能表征核电厂所处安全状态的指示和参数为基础。在执行 EOP 时所使用某些的指示和参数与应急指挥在确定核电厂应急状态等级所使用的指示和参数是类似的，甚至进入某些 EOP 的入口条件可以直接作为一个 EAL 用于确定核电厂的应急状态等级。因此，本文就如何在制定 EAL 时合理地使用 EOP 中所提供的信息，

收稿日期：2014-07-17；修回日期：2015-02-09

作者简介：于 红（1979—），女，高级工程师。现主要从事辐射屏蔽与环境安全分析工作

以及保持 EOP 与 EAL 的内部一致性展开讨论。

1 EOP 与应急状态等级

能表征核动力装置运行事件或核事故进展的参数很多，需要在众多参数中选取“重要”的安全参数。这里的重要安全参数，指能证明核电厂处于安全范围或处于某一级别核事故应急状态等级的可测量的参数、可确认的事件或可分析的结果。

美国核能研究所发布的制定应急行动水平的技术导则 NEI 99-01^[1]将核电厂应急状态分成应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急 4 个等级；4 个等级对应的放射性后果及采取应急响应行动的范围是递增的。EOP 包括事故诊断的通用规程（DEC）、核安全相关系统和机组故障时的操作规程（I 型）、设计基准事故时的运行规程（A 型）、预先分析过的超设计基准事故时的运行规程（H 型）和未预先分析过的超设计基准事故时的运行规程（U 型）。其中，I 型、A 型、H 型和 U 型这 4 个 EOP 处理的核事件对核电厂损伤的严重程度和风险也是递增的。

由于 I 型、A 型、H 型、U 型为 4 个等级，应急待命、厂房应急、场区应急、场外应急也为 4 个等级，在制定应急行动水平时，容易简单地认为 I 型对应应急待命、A 型对应厂房应急、H 型对应场区应急、U 型对应场外应急，但这种简单的对应关系并不准确。如，福清核电厂 1&2 号机组 EOP 中 A7 规程处理的事件为“非受控硼稀释”，其对核电厂安全造成的风险为：在停堆时反应堆可能重返临界；在功率运行时可能触发沸腾危机；根据 NEI 99-01 识别类 C 中的初始条件“CU8：误临界”。如果在停堆时执行 A7 规程，应根据 NEI 99-01 识别类 C 中的初始条件“CU8：误临界”，宣布核电厂进入应急待命。如果在功率运行时执行 A7 规程，则应继续观察“非受控硼稀释”是否造成了燃料元件包壳破损；如果造成了破损，则应等到反应堆冷却剂中 ¹³¹I 当量比活度或总惰性气体比活度超过了技术规格书中规定的限值，才能根据 NEI 99-01 识别类 S 中的初始条件“SU4：燃料包壳降级”宣布核电厂进入应急待命；如果反应堆冷却剂中 ¹³¹I 当量比活度或总惰性气体比活度超过了技术规格书中规定限值的 300 倍，则应根据 NEI 99-01 识别类 F

中的初始条件“FA1：燃料包壳屏障丧失”宣布核电厂进入厂房应急。

NEI 99-01 中另外指出，核电厂技术规格书所定义的安全包络范围以外的限值、条件和异常事件是宣布进入应急状态的最低起点。因此，从这个角度来说，只要执行 A 型、H 型和 U 型 EOP 核电厂都应进入应急状态；而对于 I 型 EOP 则不一定。如，对于交流电源丧失类的事件，进入应急状态的最低起点是应急母线厂外交流电源全部丧失，而 EOP 中的 I2.1 规程处理的事件为“失去主电网外电源”，也就是说即使已经执行了 I2.1 规程，也不足以宣布核电厂进入应急状态。

2 EOP 与识别类

NEI 99-01 将 EAL 划分为 7 个识别类：异常辐射水平/放射性流出物（A）、冷停堆/换料系统故障（C）、永久卸料场故障（D）、独立乏燃料贮存装置（E）、裂变产物屏障（F）；危险和其他影响核电厂安全的情形（H）、系统故障（S）。

由于福清核电厂 1&2 号机组不存在永久卸料场和独立乏燃料贮存装置，因此不需要考虑识别类 D 和识别类 E。NEI 99-01 中将所有冷停堆、换料和卸料工况下的 EAL 均归并到识别类 C 中，因此所有余热排出系统（RRA）连接工况下的 EOP 都应在制定识别类 C 时考虑。其他 I 型、A 型、H 型和 U 型 EOP 中与裂变产物屏障丧失相关的应在制定识别类 F 时考虑，与辐射水平/放射性流出物相关的应在制定识别类 A 时考虑，与系统和机组故障相关的应在制定识别类 S 时考虑。

3 EOP 与 IC 和 EAL

在核电厂执行某一 EOP 时，核电厂是否应进入应急状态以及应进入哪一等级的应急状态，其关键的问题就是判断进入这一 EOP 的入口条件符合 NEI 99-01 中的哪一个 IC 和 EAL。此时，EOP 中引导操纵员进入具体故障或事件处理规程的 DEC 规程，是判断 EOP 的入口条件是否符合 NEI 99-01 中某一 IC 和 EAL 的关键。DEC 规程首先对核电厂反应堆的运行模式进行区分，RRA 连接状态下的 EOP 的入口条件对应 NEI 99-01 识别类 C 中的 IC 和 EAL；RRA 未连接状态下的 EOP 的入口条件则对应 NEI 99-01 识别类 F 和识别类 S 中的 IC 和 EAL。

但进入某一 EOP 并不一定满足宣布核电厂进入某一等级应急状态的 IC 和 EAL 的条件。如, DEC 中指出“在 RRA 连接状态下同时满足 LHA001MU=0 和 LHB001MU=0, 则应进入 H3.2 规程”。LHA001MU 表征的核电厂状态为“ A 列应急母线失压”, LHA001MU 表征的核电厂状态为“ B 列应急母线失压”, 符合 NEI 99-01 识别类 C 中的初始条件 CA3 中的“应急母线场外和场内交流电源全部丧失”条件, 但是不符合时间条件。NEI 99-01 中指出, 时间在制定 EAL 时非常重要。原因为: 如果表征核电厂安全状态的指示和参数仅是短暂地满足 EAL, 或者在短时间内核电厂的偏离已经被纠正, 则不需要宣布核电厂进入应急状态。EOP 要求, 一旦出现 DEC 中的“在 RRA 连接状态下同时满足 LHA001MU=0 和 LHB001MU=0”, 则应立即进入 H3.2 规程, 对 RRA 运行时的全厂断电事故进行确认诊断和处理。而应急状态分级要求, 出现了“在 RRA 连接状态下同时满足 LHA001MU=0 和 LHB001MU=0”, 且“这种情况持续时间达到和超过 15 min”时才需宣布核电厂进入厂房应急; 或出现了“在 RRA 连接状态下同时满足 LHA001MU=0 和 LHB001MU=0”, 且“不清楚这种情况何时出现”时才需宣布核电厂进入厂房

应急。出现 EOP 与应急状态分级 IC 和 EAL 不一致的主要原因是, EOP 是为操纵员对核事件进行确认、诊断和处理, 控制核电厂处于安全状态而服务的, 而应急状态分级 IC 和 EAL 是为应急指挥对核事件造成的核电厂安全(潜在)威胁的严重程度进行判断, 确认核电厂所处的安全状态等级和可能的安全状态进展而服务的; 即: EOP 要求出现异常立即确认, 而应急状态分级要求达到某一水平后立即宣布进入应急状态。

4 结束语

虽然 EOP 的入口条件不能完全符合 NEI 99-01 中的 IC 和 EAL, 但是由于 EOP 中给出了大量的能表征核电厂安全功能的指示和参数, 这些指示和参数比应急状态分级 IC 和 EAL 中的某些状态描述更具有客观性和可观察性。因此, 如果能充分利用 EOP 中给出的信息, 将应急状态分级中的某些状态描述的 EAL 转化成具体的可观察或可测量的参数, 那么应急状态分级 IC 和 EAL 在实际应用中会更具可操作性。

参考文献:

- [1] Nuclear Energy Institute. Methodology for development of emergency action levels[S]. NEI 99-01(Rev5), February 2008.

(责任编辑: 王中强)