

核电厂经验反馈关键技术

陶书生 周 红 赵 力 杨海峰 郑丽馨 著

中国原子能出版社

核电厂经验反馈关键技术

陶书生 周 红 赵 力 著
杨海峰 郑丽馨



中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

核电厂经验反馈关键技术 / 陶书生等著. —北京: 中国原子能出版社, 2016. 11
ISBN 978-7-5022-7608-9

I. ①核… II. ①陶… III. ①核电厂-电力系统运行-工作经验 IV. ①TM623.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 259811 号

核电厂经验反馈关键技术

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)

责任编辑 王 青

装帧设计 马世玉

责任校对 冯莲凤

责任印制 潘玉玲

印 刷 保定市中画美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 13.5

字 数 337 千字

版 次 2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-7608-9 定 价 69.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn>

发行电话: 010-68452845

E-mail: atomep123@126.com

版权所有 侵权必究

前 言

核电厂的安全运行,有效防止重大事件的发生是核行业和核安全监管部门最为关注的问题,而核电厂运行经验的反馈工作是解决该问题的一个重要手段。在我国,国家核安全局历来重视核电厂运行经验的反馈工作,《核动力厂运行安全规定》中明确了对核动力厂营运单位运行经验反馈的要求。2010年,国家核安全局委托核与辐射安全中心建立由国家核安全局主导的面向全国“核电厂运行经验反馈体系”,健全和强化核安全监管体系的运行经验反馈工作。在核电厂运行经验反馈体系的开发过程中,核与辐射安全中心经验反馈人员系统地对核电厂经验反馈工作所需的关键技术进行了研究,《核电厂经验反馈关键技术》一书中凝结了相关研究的成果。

《核电厂经验反馈关键技术》共分九章:第1章我国核电厂经验反馈的基本情况,综述了核电厂的运行经验反馈及其关键技术;第2章经验反馈信息的分类与筛选方法,阐述了核电厂经验反馈信息的分类和筛选的方法;第3章事件调查方法,介绍了事件调查的启动和实施以及调查组和信息收集等关键技术;第4章事件根本原因分析方法,介绍了变化分析、任务分析、屏障分析、故障树分析、因果分析和原因因素图分析等根本原因分析方法;第5章核与辐射事件分级方法,介绍了核与辐射事件分级的流程和方法,重点是对人和环境的影响、对放射性屏障和控制的影响和纵深防御三个方面的核电厂事件定级;第6章事件趋势分析方法,介绍了事件编码、趋势分析的概念和步骤,并结合典型案例对趋势分析方法进行了具体介绍;第7章先兆事件分析技术方法,介绍了先兆事件分析中的事件筛选、深入定量分析和流程,并对典型案例进行了分析;第8章安全事项的重要度判定方法,介绍了安全事项的重要度判定引导程序和初步筛选、风险重要度评价及详细的概率安全评价等三阶段的评估程序;第9章核电厂运行经验反馈的有效性评价,介绍了核电厂运行经验反馈有效性的同行评估方法和自评估方法。

本书各章节的编写人员主要有:第1章由周红、张增庆编写;第2章由齐媛、张浩编写;第3章由陶书生、李华升编写;第4章由焦峰、吴彦农编写;第5章由赵力、王娅琦编写;第6章由孙树海、刘时贤编写;第7章由胡江、肖志编写;第8章由郑丽馨、张泽宇编写;第9章由杨海峰、杨未东编写。

《核电厂经验反馈关键技术》在编写过程中得到了国家核安全局、环境保护部核与辐射安全中心、中核武汉核动力运行研究所、苏州热工研究院等相关单位的大力支持,在此谨表诚挚谢意!

本书可作为核电厂经验反馈工作的参考,也可作为核电厂经验反馈相关培训用书。由于编者水平有限,书中难免有不妥之初,请广大读者提出宝贵的意见。

著 者
2016年7月

目 录

第 1 章 我国核电厂经验反馈的基本情况	1
1.1 核电厂营运单位的经验反馈	1
1.2 核安全监管部门的经验反馈	3
1.3 核电厂经验反馈关键技术	5
第 2 章 经验反馈信息的分类与筛选方法	7
2.1 经验反馈信息的分类	7
2.1.1 核电厂经验反馈体系所涉及的信息	7
2.1.2 国家核安全监管部门经验反馈体系所涉及的信息	8
2.2 经验反馈信息的筛选	10
2.2.1 经验反馈信息筛选方法	11
2.2.2 经验反馈信息筛选实例	14
第 3 章 事件调查方法	17
3.1 核安全监管当局在事件调查中的职责	17
3.2 启动事件调查的一般准则	18
3.2.1 造成实际严重后果的事件	18
3.2.2 潜在安全意义较大的事件	20
3.3 事件调查组及其职责	21
3.3.1 事件调查组成员组成	21
3.3.2 事件调查组组长的职责	22
3.3.3 事件调查组成员的职责	22
3.4 事件调查的实施程序	23
3.4.1 调查工作计划	23
3.4.2 事件调查组到达核电厂后初步工作(调查组内部启动会)	23
3.4.3 与核电厂的调查前会议	24
3.4.4 事件相关的信息的收集	25
3.4.5 调查协调会议	25
3.4.6 构建事件时序图	25
3.4.7 判断是否需要技术支持	26
3.4.8 根本原因的分析和事件调查的结论	26
3.5 事件调查报告	26

3.5.1	事件调查报告的编制	26
3.5.2	事件调查报告的发布	27
3.6	信息收集方法	27
3.6.1	事件相关设备和区域的隔离	27
3.6.2	人员面谈	29
3.6.3	文件及活动记录检查	30
3.6.4	相关专业检测	31
3.6.5	现场调查工作的结束	31
第 4 章	事件根本原因分析方法	32
4.1	变化分析法	32
4.1.1	变化分析时序法	33
4.1.2	变化分析简捷法	34
4.1.3	单一故障变化分析法	39
4.2	任务分析法	42
4.2.1	书面任务分析法	42
4.2.2	实践式任务分析法	43
4.3	屏障分析法	45
4.3.1	屏障分析时序法	45
4.3.2	单一故障屏障分析法	46
4.3.3	屏障分析法与 ECF 分析法综合使用	47
4.4	故障树分析法	48
4.4.1	故障树分析的步骤	50
4.4.2	人因事件的故障树分析	52
4.5	因果分析法	55
4.6	事件原因因素图分析法	58
4.6.1	事件原因因素图的特点	59
4.6.2	事件原因因素图的图形定义	59
4.6.3	构建事件原因因素图的过程	61
4.7	根本原因分析方法比较	63
第 5 章	核与辐射事件分级方法	66
5.1	概述	66
5.1.1	分级表一般说明	67
5.1.2	事件分级的总流程	68
5.2	对人和环境影响的评定	69
5.2.1	引言	69
5.2.2	释放的活度	70
5.2.3	个人剂量	73

5.3 对放射性屏障和控制影响的评定	76
5.3.1 引言	76
5.3.2 涉及反应堆燃料损坏的事件	76
5.3.3 涉及放射性主要屏障损坏的事件	77
5.3.4 涉及放射性污染扩散的事件	77
5.4 对纵深防御影响的评定	79
5.4.1 引言	79
5.4.2 功率运行事件的初步定级	81
5.4.3 其他事件的初步定级	88
5.4.4 附加因素	96
5.5 实例	98
第6章 事件趋势分析方法	105
6.1 事件编码	105
6.1.1 现有主要编码体系	106
6.1.2 我国核安全监管当局编码体系	112
6.2 事件趋势分析基本概念和条件	113
6.2.1 事件趋势分析的基本概念	113
6.2.2 使用趋势分析的条件	113
6.3 事件趋势分析的基本步骤	114
6.3.1 数据收集	114
6.3.2 信息分析	114
6.3.3 关键区域的确定	116
6.3.4 趋势分析	119
6.3.5 趋势分析结论	123
6.3.6 有效性审查	124
6.4 趋势分析典型案例	124
6.4.1 数据收集	124
6.4.2 信息分析	125
6.4.3 关键区域确定	125
6.4.4 趋势分析	134
6.4.5 趋势分析结论	147
6.4.6 有效性审查	148
第7章 先兆事件分析技术	150
7.1 概述	150
7.2 先兆事件分析过程	151
7.2.1 事件的筛选	151
7.2.2 深入定量分析	151

7.3 案例分析	158
7.3.1 事件简要介绍	158
7.3.2 定性分析	159
7.3.3 定量分析	160
7.4 结论	171
第8章 安全事项的重要度判定方法	172
8.1 背景	172
8.2 重要度判定方法	173
8.2.1 SDP 引导程序	174
8.2.2 SDP 评估程序	177
8.3 案例分析	192
8.3.1 事件描述	192
8.3.2 事件分析	193
第9章 核电厂运行经验反馈的有效性评价	195
9.1 概述	195
9.2 行业机构组织的核电厂经验反馈同行评估	195
9.2.1 经验反馈的组织机构与管理	196
9.2.2 事件报告和经验反馈的来源	196
9.2.3 经验反馈信息的筛选	197
9.2.4 根本原因分析(RCA)	198
9.2.5 纠正行动跟踪	198
9.2.6 经验反馈信息的应用	199
9.2.7 经验反馈数据库及趋势分析	200
9.2.8 经验反馈过程自我评价	200
9.3 核安全监管部门对核电厂经验反馈体系有效性的评价	201
9.3.1 经验反馈体系有效性评价的实施	201
9.3.2 评估内容要点	204
9.3.3 评估报告编写模版	206
9.4 小结	207

\\第 1 章\\

我国核电厂经验反馈的基本情况

多年实践经验表明,核工业是安全性最完善的工业领域之一。有效甄别具有安全意义的事件并从中汲取经验教训,是核行业持续提高核安全水平的重要手段。我国核行业普遍重视经验反馈,在核安全、辐射安全、辐射环境管理领域全面推进相应工作。在政府部门、企事业单位、行业协会的共同努力下,核电厂经验反馈工作取得的成果尤其显著。下文着重从核电厂营运单位和核安全监管部门两方面对我国核电厂经验反馈的情况进行介绍。

1.1 核电厂营运单位的经验反馈

运行经验是了解和提高核电厂安全性和可靠性的宝贵的信息来源^[1],且运行经验反馈是覆盖核电厂全寿期的一项重要的工作内容。运行经验反馈主要是将核电厂在运行、维修等过程中出现的设备故障和人因失效等异常和事件,按照一定的准则进行筛选和分析,吸取经验教训和采取纠正行动,以防止类似事件重复发生。同时,核电厂还从其他国家和地区的同行已发生的事件中进行外部经验反馈,吸取对本核电厂有用的经验,采取相应的纠正行动,以避免其他核电厂已经发生过的同类或类似事件在本核电厂再发生。

我国的核安全法规《核动力厂运行安全规定》(HAF103)中第 2.4 节对核电厂的经验反馈工作做出了如下规定^[2]:

(1) 营运单位必须系统地评价核动力厂的运行经验。必须调查研究安全重要的异常事件以确定其直接原因和根本原因。调查必须向核动力厂运行管理者提出明确的建议,核动力厂运行管理者必须及时地采取恰当的纠正行动。这些评价及调查所得信息必须反馈给核动力厂工作人员(对安全重要异常事件原因的调查—提出建议—采取纠正行动—反馈)。

(2) 营运单位必须获得并评价其他核动力厂的运行经验和教训,以作为借鉴。为此,应十分重视与国内和国际机构的经验交流和信息共享。

(3) 必须指定胜任的人员认真研究运行经验,以发现不利于安全的先兆,从而在出现严重情况之前采取必要的纠正行动。

(4) 必须要求所有核动力厂工作人员报告所有的事件,并鼓励报告与核动力厂安全有关的“几乎要发生的事件”。

(5) 核动力厂运行管理者必须与设计有关单位(制造者、研究单位、设计者)保持适当联系,以向其反馈运行经验的信息及获得与处理设备故障或异常事件有关的建议。

(6) 必须收集和保存运行经验的数据,以用作核动力厂老化管理、核动力厂剩余寿期评价、概率安全评价和定期安全审查的输入数据。

从上述法规规定可以看出,核电厂经验反馈主要包括:异常状态报告或事件报告、事件界定、事件调查、根本原因分析、纠正行动确定和落实、趋势分析、信息发布和共享、经验反馈体系的持续监控和改进以及信息储存、调用管理等要素。经验反馈的各个要素都需要有人力物力的保障,还要保证执行过程中明确的责任和分工。

首先,为了避免任何有价值的异常或事件信息从经验反馈体系中漏失,核电厂大都通过规程规定要求内部异常或事件的直接当事人和单位都有责任和义务在他们发现任何不符合项、异常、故障和事件后,除采取必要的纠正行动外,还必须在规定的时间内,写出简单和初步的事件报告单。经验反馈专门组织将对事件的性质和等级做出界定,就是否写事件分析报告、查找根本原因以及责任单位等提出建议并经核电厂厂长批准后,启动随后的经验反馈过程。

事件一旦发生,核电厂将尽快组织人力对事件进行调查分析,收集一切与事件相关的信息和资料,如工作文件、仪表记录、运行日记等,并与事件的相关人员进行访谈,尽可能了解事件发生的实际情况,重组事件发生的逻辑过程,准确界定事件发生逻辑过程中的人因失效和设备故障,然后找出导致各失效发生的根本原因,以便于采取纠正行动。对人因失效和设备故障的根本原因分析一般是按照规范化和系统化的方法来进行,形成统一的失效根本原因分类,在这一基础上进行趋势分析,确定出核电厂安全生产方面最薄弱的环节并加以改进。

为了纠正出现的故障和防止事件的重复发生,通常会根据发生事件的根本原因制定相应的纠正行动计划,并考虑恢复或维持所要求的核安全水平、对工作人员和组织结构的考虑以及纠正行动对现有文件资料和运行方面的改进意义等方面的因素。纠正行动计划一般包括每项纠正行动针对原因因素、每项纠正行动的具体内容、负责实施的单位、完成期限和实施状态说明等。此外,核电厂通过对纠正行动进行跟踪管理来检查促进纠正行动的执行和落实,评价过程的有效性。

随着核电厂运行年限的增加,将积累大量的经验反馈信息。这些信息的及时处理和有效管理是核电厂经验反馈的重要组成部分,通常核电厂对在安全生产过程中产生的异常,或已经界定为不同级别事件的人因失效和设备故障,以及与之有关的根本原因分析和所确定的纠正行动等经验反馈信息采用数据库的方式来管理。这有助于从一般的人因和设备异常的分析中找出引发重大人因或设备故障的征兆并加以改进,防止重大人因和设备故障的发生。它也使与经验反馈相关的一切信息能够快速地进行传递和共享,加快经验反馈信息的利用和提高经验反馈的效率。

为了经验反馈系统的持续改善,核电厂可通过设定不同的指标,对经验反馈过程中的每一个环节进行定期的评价和回顾,找出过程中的薄弱环节并加以消除,使整个经验反馈系统得到持续改进。

1.2 核安全监管部门的经验反馈

在我国,国家核安全局自成立以来就非常重视经验反馈工作,制定发布了一系列法规文件要求核电厂营运单位及时报告并分析运行事件、开展经验反馈。从2010年以来,特别是日本福岛核事故以后,为了进一步推动我国各核电厂营运单位在核电厂内部、国内核电行业以及国际范围内开展经验反馈活动,互相学习与借鉴,国家核安全局委托核与辐射安全中心开发“国家核安全局核电厂运行经验反馈体系”。目的是建立由国家核安全局主导的,面向地区核与辐射监督站、核与辐射安全中心、核电厂营运单位、核电厂设计院、设备制造厂家等单位的经验反馈体系,实现对全国核电厂运行经验信息的常态化和系统化的分析,切实保证经验反馈在核电厂建造质量与运行安全、改善核电厂预防严重事故能力,提高运行绩效等方面发挥重要作用。

2012年,国家核安全局制定并发布了《运行核电厂经验反馈管理办法》(国核安发[2012]65号,以下简称《管理办法》)^[3],该文件是国家核安全局开展运行核电厂经验反馈的纲领性文件。根据《管理办法》,国家核安全局已经建立了包括经验反馈信息的来源与收集、筛选与评价、应用与发布三个主要环节的经验反馈体系,详见图1-1。此外,建成的国家核安全局经验反馈平台集成了上述三个环节的成果和信息,有助于经验反馈信息的收集、共享、交流和应用。

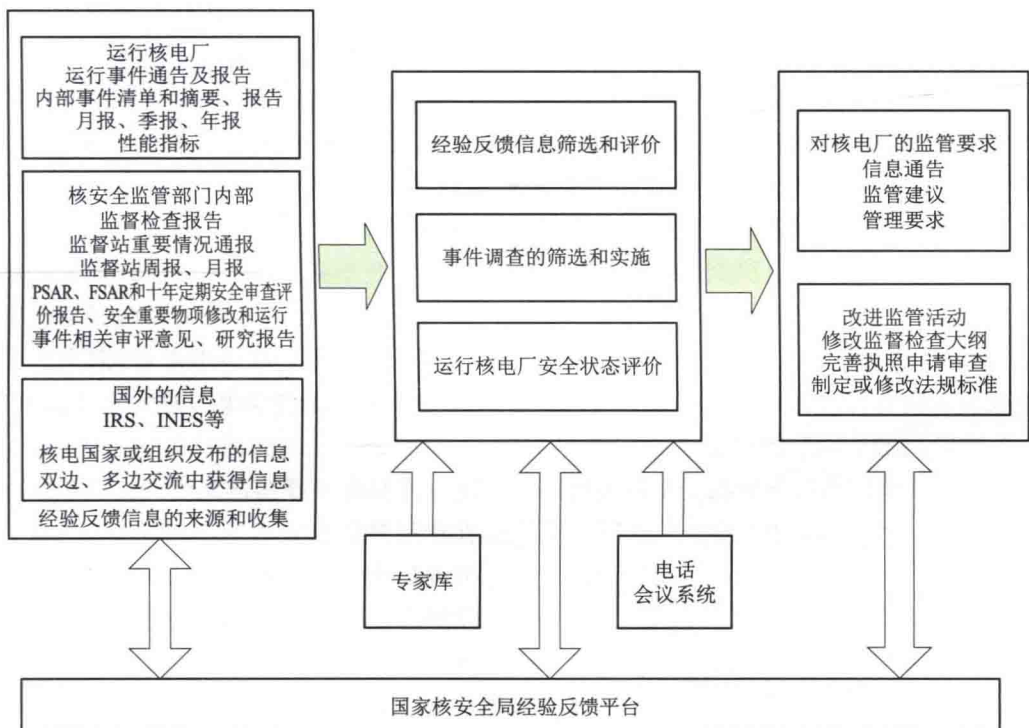


图 1-1 国家核安全局核电厂运行经验反馈体系运转图

国家核安全局经验反馈信息的来源与收集主要是来自核安全监管内部的监督报告、年报等相关信息以及来自各个运行核电厂的定期报告(如月报、年报)、运行事件通告及运行事件报告(含运行事件补充报告)等相关报告,以及核电厂发生的与核安全相关的内部事件清单、摘要和报告等。此外,还收集国外事件信息及其他经验反馈信息,包括国际核事件报告系统(IRS)、国际核事件分级组织(INES)和其他主要核电国家或组织发布的事件信息和其他经验反馈信息,以及通过双边或多边交流合作取得的相关信息等。经验反馈信息的筛选由核与辐射安全中心按照信息的安全重要性和普遍适用性,如堆型适用性、设备适用性、材料适用性等,过滤出需要进一步分析评价的重要经验反馈信息。筛选工作主要通过经验反馈日常内部会议和电话会议的形式进行。日常内部会议由核与辐射安全中心完成,通常每周进行一次。电话会议可由国家核安全局、地区监督站、核与辐射安全中心、经验反馈专家库专家等相关人员参与完成。

对于筛选出的信息,由核与辐射安全中心经验反馈部门对其核安全意义和影响进行评价,根据评价结果提出应用建议,并上报国家核安全局。经验反馈信息的评价过程中,如果需要补充更详细的信息,核与辐射安全中心可与国家核安全局、地区监督站、核电厂营运单位或相关的组织机构联系,获取所需信息,必要时还可邀请专家库中的专家参与评价。对于需要启动事件调查以获取更为详细信息的事件,可由国家核安全局组织进行事件现场调查。

此外,核与辐射安全中心还可采用安全重要度判定、先兆分析和趋势分析等经验反馈技术和手段,对核电厂的重要异常信息、内部事件和运行事件等进行评价。分析包括对国内运行核电厂的总体情况和单个电厂的情况,评价结果和建议上报国家核安全局。

经验反馈信息的应用与发布主要包括应用于核电厂和应用与监管系统内部两方面。核电厂是国家核安全局经验反馈体系输出的经验反馈分析结果的主要应用对象之一。国家核安全局负责经验反馈信息的应用与监管要求的发布。经验反馈信息发布的形式包括信息通告、监管建议、管理要求三种,相应的重要度由低到高。

(1) 信息通告是指由国家核安全局发布的一般经验反馈信息,发布目的是提醒核电厂对相关信息予以关注。各核电厂根据自身情况决定是否采取相应行动,无需向国家核安全局回应。该类信息主要包括:① 国内核电厂发生的共性事件和个别典型事件,对其他核电厂的安全和运行管理可能具有借鉴意义;② 国外核电厂同类堆型发生的重要事件,对国内相关核电厂具有一定反馈价值。

(2) 监管建议是指国家核安全局通过经验反馈过程发现了可能存在的共性重要缺陷或问题,并向核电厂提出的建议。核电厂应根据监管建议进行自查并采取相应的行动,必要时需向国家核安全局报告。该类信息主要包括:国内核电厂发生的共性重要缺陷或事件,相关核电厂也采用了同样的设计或设备,若不排除隐患或进行纠正,可能会对核电厂核安全产生一定的影响。

(3) 管理要求是指国家核安全局针对经验反馈中发现的重大缺陷或问题,向核电厂提出的安全改进要求(包括安全重要物项、程序、组织管理等方面)。核电厂应根据管理要求实施相应的改进行动,并向国家核安全局报告。此类问题核电厂若不进行纠正,将会对核

电厂安全造成较大的影响。

国家核安全局经验反馈体系输出的经验反馈分析结果的另一个主要应用对象是核安全监管系统,通过经验反馈发现监管活动的薄弱环节,不断改进监管活动,提升监管的有效性和高效性。根据经验反馈提出的要求和建议,核安全监管系统会相应开展修改监督检查大纲、完善执照申请的审查,甚至相关法规标准的制定和修订等工作。

除核电厂和国家核安全监管部层面的经验反馈体系外,国内的核电集团和核行业组织层面也开展了相关的经验反馈工作。核电厂根据自身的需求也加入了如世界核营运者协会等类型核电厂组织的国际经验反馈体系,以便获得相关的国际经验反馈信息。

1.3 核电厂经验反馈关键技术

从上文可见,核电厂经验反馈的主要环节包括经验反馈信息的收集和筛选、经验反馈信息的评价与处理及经验反馈信息的应用等。经过多年的核电厂实践,已经在经验反馈各个环节形成了一系列的关键技术。在经验反馈信息的收集和筛选的环节,包括经验反馈信息的分类和筛选准则、重要事件的调查准则以及事件调查方法等。在经验反馈信息的评价与处理环节,包括为了准确查找事件原因而开发的事件根本原因分析方法、为了便于同行交流的核与辐射事件分级方法、事件的趋势分析方法、事件的先兆分析方法和核电厂异常的重要性判定方法等等。此外,在经验反馈体系的完善和提升方面则包括经验反馈体系有效性评价方法。

经验反馈信息的分类和筛选是为了识别出有价值的信息,供进一步地分析与应用,是核电厂经验反馈工作的必要一环。

事件根本原因分析是在事件报告出来后,应尽快开展的一项重要经验反馈工作。进行根本原因分析,找出导致人因失误或设备故障发生的根本原因,是一项复杂的工作。根本原因分析方法是进行根本原因分析的重要工具。事件根本原因分析方法有多种,且各有其优缺点。不同的分析方法所确定的根本原因应该是基本相同的。由于单一分析方法的局限性,在绝大多数情况下,事件原因分析的过程都是一个多种方法互相渗透、互为补充、互相验证的过程。常用的根本原因分析方法有变化分析法、任务分析法、屏障分析法、故障树分析法、因果分析法及事件和原因因素图等。

核与辐射事件分级方法是1990年年初,国际原子能机构(IAEA)和经济合作与发展组织(OECD)核能署(NEA)联合召集了一个国际专家组,专门讨论制定了一个国际核事件分级所需的基本原则。后经持续改进,形成目前综合了事件对人和环境、设施的放射性屏障和控制以及纵深防御三个不同方面的影响的定级方法,共分为7级:4~7级为“事故”,1~3级为“事件”,安全上无重要意义的事件则定为“分级表以下/0级”。

事件趋势分析和先兆分析方法是针对核电厂发生的轻微事件或未遂事件进行分析,可以发现核电厂性能或某些领域存在的不利趋势,发现重大事件发生的先兆,通过及时制定相应纠正措施可以避免这些重大事件发生,该技术文件将对事件趋势分析和先兆分析的方法进行介绍。

运行核电厂异常的重要性判定方法是综合了核电厂专用 PSA、核电厂系统手册和其他相关文档中可以获得的信息,为监管人员制定出一套可以帮助他们对某监管事项的风险重要性进行快速分级的评估工具。该系统实现了风险的量化评价,可真正对涉及核安全相关的事项进行分级管理,合理配置技术和监管资源,不但有效地提高核电厂的监管水平,亦有助于电厂提高其监管效率和减低成本。

参考文献

- [1] IAEA, OECD nuclear energy agency. IAEA/NEA incident reporting system (IRS) reporting guidelines, IAEA, Vienna(1998).
- [2] 国家核安全局. HAF103-2004 核动力厂运行安全规定.
- [3] 国核安发〔2012〕65 号,运行核电厂经验反馈管理办法.

\\第 2 章\\

经验反馈信息的分类与筛选方法

2.1 经验反馈信息的分类

核电厂经验反馈信息是经验反馈工作的输入,是经验反馈工作的对象,对经验反馈信息的收集处于经验反馈工作链条的前端,没有信息的输入,经验反馈工作将成为“无米之炊”。

正确认识经验反馈信息应包括的范围和种类,是保证经验反馈工作有效性的重要前提。国际原子能机构经验反馈相关的安全标准中,经常用到“事件”一词,容易让人误解为经验反馈信息仅包括核电厂发生的事件,更有人认为经验反馈就是处理执照运行事件,这样的理解可能将经验反馈工作禁锢在事件的狭小范围,导致大量有价值的经验反馈信息没有纳入经验反馈的范畴,从而无法系统地、常态化地开展对这部分信息的分析处理,势必使经验反馈工作的有效性大打折扣,因此经验反馈信息的全面性非常重要。作为经验反馈体系的输入,经验反馈信息是与经验反馈体系的特点和目标相关的,不同的经验反馈主体应收集的经验反馈信息也有所不同。下面将分别针对核电厂和国家核安全监管部门的经验反馈体系,介绍两类经验反馈体系应该收集的经验反馈信息。

2.1.1 核电厂经验反馈体系所涉及的信息^[1]

对于核电厂而言,经验反馈体系需要获取的经验反馈信息主要有三类:第一类是本核电厂的运行经验反馈信息,这是核电厂经验反馈最主要的信息来源;第二类是获得其他核电厂的运行经验信息,尤其是参考核电厂或同类型机组的经验反馈信息。在获得这类信息时,核电厂可以直接与其他核电厂建立联系,但也可以通过国家核安全监管部门、电力集团或其他国内外行业组织经验反馈体系的支持获得相关信息,因为上述经验反馈体系涉及的范围更大、更广,能够系统详实的收集到各相关单位的各类信息。第三类是从制造商、研究单位和设计单位获得的相关反馈信息。

2.1.1.1 核电厂内部异常的报告

这部分信息属于第一类信息,也是核电厂经验反馈体系最重要的输入。核电厂每位员工和承包商员工在发现各个领域任何异常或对安全、质量和环境有影响或有潜在影响的事件,其中包括低级别事件和未遂事件,都应进行报告并填写相关报告单。这些报告是核电厂开展运行经验反馈工作的基础,是最原始的信息。

在核电厂工作的所有员工均有责任和义务将亲历或目击的异常或可疑情况在第一时间以状态报告规定的格式记录下来。核电厂为保证任何异常及对生产活动有意义的状态都能得到及时的报告、记录,有效地处理和反馈,都制定了标准的报告格式(如内部状态报告单、通用型通知单),一份完整报告单通常包括以下几项内容:事件基本信息(受影响机组、机组状态、系统、位置、日期及时间等);事件描述、事件主题、事件后果以及报告准则;立即采取的措施及其他纠正行动。任何人探测到一个异常或事件就应该立即向核电厂相关人员报告并且在规定的时间内在核电厂的经验反馈平台中填写报告单。

2.1.1.2 核电厂外部经验反馈信息

外部经验反馈信息对于核电厂同样具有重要意义,一个核电厂的机组数量和运行经验相对而言是有限的,为了及时发现自身潜在薄弱环节和学习其他核电厂的良好实践,必须注重对外部信息的获取和反馈。通常我国核电厂的外部经验反馈信息有以下几类:

- (1) 国家核安全监管部门发布的事件、重要异常、监管信息等;
- (2) 核能行业协会主办的核电营运信息网(CINNO)上的经验反馈信息;
- (3) 电力集团上级单位下发的外部经验反馈信息;
- (4) 参考核电厂和同类型核电厂传来的事件报告和信息;
- (5) 供货商的事件报告及其他信息;
- (6) 世界核营运者协会(WANO)发布的重大运行经验报告(SOER)、重大事件报告(SER)、事件通知报告(ENR)、事件分析报告(EAR)、事件专题报告(ETR)、其他事件报告(MER)、及时信息(JIT)、良好实践等;
- (7) 业主团体传送的事件报告[例如由法系核电厂业主组成的法马通业主团体(FRAOG)];
- (8) IAEA 发布的事件报告;
- (9) 法系核电厂可以与法国电力集团(EDF)建立联系,获取 EDF 的事件数据库(CID)和 EDF 发送的事件报告;
- (10) 美国核动力运行研究院的相关经验反馈报告;
- (11) 美国电力研究院的相关技术报告;
- (12) 国际、国内交流获得的信息等。

2.1.2 国家核安全监管部门经验反馈体系所涉及的信息

国家核安全监管部门的经验反馈体系由核安全监管部门组织和管理,是全国范围的核电厂运行经验交流的平台。该体系的目标在于消除核电厂间的信息壁垒、识别核电厂安全薄弱环节、共享核电厂运行管理经验。该体系对国家核安全监管部门抓住监管重点,有效配置核电厂运行安全监管资源、提高监管的有效性和高效性具有重要意义。

核安全监管部门的经验反馈体系与其他经验反馈体系相比具有以下特点:

- (1) 更具有强制性,核电厂须严格遵照报告制度进行信息的报告,国家核安全监管部门可发起事件调查直接获取现场的信息,根据经验反馈结果发布的要求具有强制性;
- (2) 经验反馈涉及范围广,国家核安全监管部门负责所有核电厂的监管,获取的信息量全面详实,同时能够得到国际上其他监管当局和组织的信息;

(3) 在经验反馈信息的来源方面,除核电厂之外,还包括国家核安全监管部门的地区监督站监督周报、月报、情况通报和监督站监督检查的结果是经验反馈的重要输入。

根据国家核安全监管部门经验反馈体系的特点和目标,其经验反馈信息主要包括三类:来自核安全监管部门内部的经验信息;来自核电行业的经验反馈信息;来自国外的经验反馈信息。

2.1.2.1 来自核安全监管部门的经验信息

来自国家核安全监管部门内部的经验反馈信息包括以下几类:

(1) 核安全监管部门组织的监督检查报告、地区监督站组织的例行检查和非例行检查的检查报告

在国家核安全监管部门组织的各类现场检查的报告中,会对检查中发现的异常情况进行说明并提出要求,这些异常及监管要求往往具有一定的典型意义,应纳入经验反馈分析的范围。

(2) 监督周报、月报、重要情况通报

监督周报、月报、重要情况通告由地区监督站编写,其中包含了驻场监督员日常监督中发现的异常以及对重要情况现场核实的情况。可以看出,与其他经验反馈体系不同,国家核安全监管部门可以通过向厂址派驻现场监督人员直接获得现场情况,这部分信息尤其周报中信息的时效性很好,应作为日常经验反馈工作的重要输入。

(3) 初步安全分析报告评价报告、最终安全分析报告评价报告、十年定期安全审查评价报告

初步安全分析报告评价报告、最终安全分析报告评价报告中体现了对核电厂设计审查中发现的重点问题,其中很多为共性问题,具有很好的反馈价值,相关事项应该反馈给后续新建核电厂进行设计的完善,同时也应反馈给运行核电厂根据情况考虑实施改造和变更。十年定期安全审查评价报告中所总结的在十年定期安全审查中发现的弱项和实施的改造,对同类型核电厂极具反馈价值。

(4) 运行事件相关审评文件

通过国家核安全监管部门对于运行事件开展的评价或者事件调查,可以更为全面、客观地分析核电厂事件存在的问题,因此在对核电厂运行事件进行经验反馈时,需要考虑对运行事件的审评意见。

(5) 安全重要修改审评文件

安全重要修改有利于消除核电厂存在的安全隐患或进一步提高安全水平,保证核电厂的安全,必须坚持持续改进。因此对安全重要修改的审评应作为经验反馈的重要方面之一,需对安全重要修改信息进行系统的分析和评估,及时向相关核电厂进行反馈。

2.1.2.2 来自核电行业的经验信息

(1) 来自核电厂的经验反馈信息包括以下几类:

1) 运行事件通告及运行事件报告(含运行事件补充报告)

国家核安全监管部门可以获得所有核电厂提交的运行事件通告、运行事件报告以及运行事件的补充报告,考虑到运行事件的安全重要意义,对这部分信息的分析评价是经验反馈工作的最重要方面。