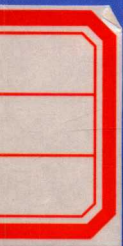


核安全导论

INTRODUCTION TO NUCLEAR SAFETY

吴宜灿 等 编著



中国科学技术大学出版社

核安全导论

INTRODUCTION TO NUCLEAR SAFETY

吴宜灿 等 编著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了核安全基本概念、理论方法及应用,并以核设施为主要对象介绍其设计、运行和退役等阶段的核安全技术与管理相关内容,具体包括核安全的起源与演进、核设施、反应堆安全设计、运行安全与管理、退役与放射性废物管理、确定论安全分析、概率安全评价、核应急、核安全监管、风险认知与公众接受、核安全发展趋势与展望。

本书既可以作为高等学校核科学与技术专业本科生和研究生教材使用,也可供核安全领域有关专业的工程技术人员与研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

核安全导论/吴宜灿等编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2017. 1
ISBN 978-7-312-04148-8

I. 核… II. 吴… III. 核安全—高等学校—教材 IV. TL7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 037191 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<https://zgkxjdsxcbs.tmall.com>

印刷 安徽国文彩印有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 787 mm×1092 mm 1/16

印张 14

字数 358 千

版次 2017 年 1 月第 1 版

印次 2017 年 1 月第 1 次印刷

定价 40.00 元

编 委 会

吴宜灿 汪 进 胡丽琴

杨 琪 宋 婧 李亚洲

王家群 王 芳

序

核能是人类历史上一项伟大发现。从1789年德国科学家发现铀元素起,人类围绕铀元素的研究和发现从未停止,直到1942年费米等科学家在美国芝加哥大学成功启动了世界上第一座核反应堆并实现链式反应,人类才正式开启利用核能的新纪元。经过70多年的发展,核能已在世界范围内获得广泛应用。然而,在利用核能造福人类的同时,历史上三次重大核事故的阴影成为世界核能发展道路上驱不散的乌云,尤其是2011年日本福岛核事故,引发了公众的反核活动,还导致了一些国家弃核的能源战略转型。由此可见,确保核安全已是人类利用核能的先决条件。

由于具有放射性,核安全自核能进入人们的视野以来就显得尤为重要。随着时代的发展与技术的进步,人们对核安全的认识和要求也在不断地发展与提高,加之新型核能技术的诞生,核安全研究面临新的挑战。此外,不同的角色(政府、核工业界、公众和专家学者等)对核安全的认识视角与风险认知也不尽相同。因此,它已不再是一个纯粹的技术问题,也是一个社会问题,甚至是国家安全的重要组成部分。我国政府对核安全十分重视,已将核安全写入国家安全法,明确了核安全在国家安全中的战略地位。

核安全不仅涉及中子物理、热工、力学和辐射化学等自然学科,还包括风险管理以及公众沟通等社会学科,是一个多学科深度融合交叉的领域。《核安全导论》是以吴宜灿研究员为首的作者团队,长期活跃在世界核能与核安全研究领域所取得的一系列有重要影响的成果的基础上编写而成的。本书从核安全的基本概念、核安全技术、核安全监管、公众接受等方面系统阐述了核安全相关问题,同时也介绍了热点领域的最新研究成果。这体现了作者团队特别是吴宜灿研究员在核能与核安全领域具有广博的知识和很深的造诣。

对于初涉核安全的研究人员而言,通常需要阅读大量文献才能逐渐勾勒出核安全的全貌。而这本书以导论的形式系统描述了核安全的起源与发展过程,概括介绍了核安全涉及的众多领域及其关联性,从而对相关研究人员或学生进行快速引导,并尝试对国内外已经取得的相关研究成果和经验进行系统的总结。从本书中既能学习到核安全相关的基本理论知识,又能学习到我国的核安全及核应急管理体系,还能够了解到多种核安全分析和管

众接受等核安全领域的新研究热点。本书可作为高等学校核科学与技术专业教材,也可供核安全领域相关专业的工程技术人员与研究人员参考。

我国核安全领域有此著作是可喜可贺的,非常高兴能够为本书写序并向大家推荐这本著作。最后衷心祝愿我国核能事业能够安全健康发展,让核能利用既能造福人民,又能保护公众与环境。

于俊崇

前 言

20世纪四五十年代,人类揭开了核能利用的序幕,短短几十年间,核能与核技术的和平利用为各国人民带来了巨大福祉。然而风险如影随行,美国三哩岛核事故、苏联切尔诺贝利核事故和日本福岛核事故的教训是极其深刻和惨痛的。怀着对核安全的敬畏之心,各国都坚持不懈地投入大量人力、物力推进核安全研究,在核安全的原则与目标、反应堆的安全设计、运行安全与管理、退役与放射性废物管理、核事故应急、确定论与概率论安全分析方法、风险认知与公众接受等领域取得了众多的研究成果。

然而,核安全本身错综复杂,涉及的学科门类繁多,研究内容十分广泛,涉及核物理、核工程、辐射防护、安全评价、核应急、安全监管、安全文化、风险认知与公众接受等众多领域。为了让人们更加全面地认识核安全、理解核安全,《核安全导论》试图以导论的形式为入门者提供引导。全书围绕核安全基本概念、理论与应用,重点介绍核设施设计、运行及退役等阶段的核安全技术与管理相关知识。本书内容紧密结合我国国情,力求深入浅出、通俗易懂,同时也尽可能概括本领域相关最新研究成果。本书既适合作为高等学校核科学与技术专业教材使用,也可供核安全领域有关专业的工程技术人员与研究人员参考。

全书共分为11章:第1章介绍核安全的基本概念及发展历史,第2章至第5章介绍核设施及其设计、运行与退役阶段的核安全问题,第6章和第7章分别介绍确定论和概率论安全分析方法,第8章至第10章介绍核事故应急、核安全监管及核安全的公众接受等问题,第11章对当前的核安全发展现状与挑战进行简要总结并对核安全的未来发展进行了展望。

书稿也从一个侧面体现了作者团队多年研究成果的积累和沉淀。在成书过程中,作者团队查阅了大量文献和报告,进行了系统的梳理和总结概括,力求书中介绍的内容全面详实。在本书撰写过程中,以下老师、同学在素材收集整理和书稿校核等方面给予了大力支持和帮助:柏云清、毕璇璇、陈刘利、陈愿、陈志斌、范言昌、傅娟、甘佺、姜志忠、金鸣、李春京、李廷、林韩清、龙鹏程、尚雷明、宋勇、孙国民、孙明、王大桂、汪建业、吴庆生、夏冬琴、熊厚华、袁润、于森、张赛(按拼音排序),在此表示诚挚的感谢。同时,也向成书过程中给予无私帮助的其他同行专家表示衷心的感谢!

核安全是一项系统工程,涉及诸多学科,有许多问题待进一步探索,书中存在的不足之处还请各位专家、读者不吝赐教。

谨以此书纪念中国科学院核能安全技术研究所成立五周年。

吴克敏

目 录

序	(i)
前言	(iii)
第 1 章 核安全起源与演进	(1)
1.1 核安全概念	(1)
1.1.1 什么是安全	(1)
1.1.2 核安全的定义	(1)
1.1.3 相关基本概念	(3)
1.2 核安全的特点	(6)
1.2.1 放射性危害	(6)
1.2.2 社会影响	(7)
1.3 核安全目标与基本原则	(8)
1.3.1 核安全目标	(9)
1.3.2 核安全基本原则	(10)
1.4 核事故与核安全演进	(13)
1.4.1 三次核事故	(13)
1.4.2 核安全演进	(15)
第 2 章 核设施	(27)
2.1 核设施分类	(27)
2.1.1 核动力厂	(27)
2.1.2 研究堆和临界装置	(28)
2.1.3 核燃料循环装置	(29)
2.1.4 放射性废物处理和处置设施	(30)
2.2 裂变反应堆基本原理	(31)
2.2.1 中子链式裂变反应与临界	(31)
2.2.2 核热产生	(32)
2.2.3 核热传输与发电	(33)
2.3 反应堆演变历史和发展趋势	(38)
2.3.1 反应堆演变历史	(38)
2.3.2 反应堆发展趋势	(39)
2.4 革新型反应堆	(40)
2.4.1 第四代反应堆	(41)
2.4.2 未来新概念	(47)

第3章 反应堆安全设计	(56)
3.1 安全设计原则与要求	(56)
3.2 安全功能与安全系统	(57)
3.2.1 安全功能	(57)
3.2.2 安全分级	(60)
3.2.3 安全系统	(61)
3.3 辐射防护	(64)
3.3.1 基本物理量	(65)
3.3.2 辐射防护原则与要求	(66)
3.3.3 辐射防护措施	(67)
第4章 运行安全与管理	(69)
4.1 运行安全概述	(69)
4.1.1 运行安全要素	(69)
4.1.2 运行性能指标	(70)
4.1.3 国际核与辐射事件分级表	(71)
4.2 运行规定与规程	(73)
4.2.1 运行限值和条件	(73)
4.2.2 正常运行规程	(75)
4.2.3 应急运行规程	(76)
4.3 运行管理	(76)
4.3.1 燃料元件破损检测	(77)
4.3.2 水质管理	(77)
4.3.3 定期试验与检查	(78)
4.3.4 安全审查	(80)
4.4 运行质量保证	(80)
4.4.1 运行质量保证大纲	(80)
4.4.2 质量保证组织机构	(81)
4.4.3 运行人员资格和培训	(82)
4.5 核安全文化	(82)
4.5.1 核安全文化的内涵	(82)
4.5.2 核安全文化的要求	(83)
4.5.3 核安全文化的培育	(84)
第5章 退役与放射性废物管理	(86)
5.1 核设施退役	(86)
5.1.1 退役的目标和策略	(86)
5.1.2 退役工程主要阶段	(88)
5.1.3 退役工程实施	(89)
5.1.4 退役安全	(90)
5.2 放射性废物管理	(92)

5.2.1 放射性废物来源	(92)
5.2.2 放射性废物分类	(93)
5.2.3 放射性废物的处理与处置	(95)
5.3 问题与挑战	(96)
5.3.1 退役面临的挑战	(96)
5.3.2 长寿命高放废物处理处置	(98)
第6章 确定论安全分析(DSA)	(100)
6.1 核电厂运行事件与事故分类	(100)
6.2 设计基准事故分析	(105)
6.2.1 分析方法与验收准则	(105)
6.2.2 几种典型设计基准事故的分析	(107)
6.3 严重事故分析	(113)
6.3.1 严重事故诱因	(114)
6.3.2 严重事故发展过程	(114)
6.3.3 严重事故管理	(117)
6.4 确定论安全分析程序	(120)
第7章 概率安全评价(PSA)	(123)
7.1 PSA 概述	(123)
7.1.1 PSA 与确定论的比较	(123)
7.1.2 PSA 的分级	(125)
7.1.3 PSA 分析步骤	(126)
7.1.4 PSA 方法发展趋势	(127)
7.2 PSA 常用方法	(128)
7.2.1 事件树分析	(128)
7.2.2 故障树分析	(131)
7.2.3 人因可靠性分析	(139)
7.3 PSA 常用软件	(144)
7.3.1 PSA 软件发展历程	(144)
7.3.2 典型 PSA 软件介绍	(146)
7.4 PSA 的应用	(146)
7.4.1 PSA 应用历程	(147)
7.4.2 PSA 应用范围	(149)
7.4.3 PSA 应用实例	(150)
第8章 核应急	(153)
8.1 核应急概述	(153)
8.2 核应急管理体系	(154)
8.2.1 核应急法规	(154)
8.2.2 核应急组织	(156)
8.3 核应急准备	(158)

8.3.1	应急计划	(159)
8.3.2	应急设施设备	(161)
8.3.3	核应急能力保持	(165)
8.4	核应急响应	(166)
8.4.1	应急监测	(166)
8.4.2	后果评价	(167)
8.4.3	应急行动	(169)
8.5	新问题与挑战	(170)
第9章	核安全监管	(173)
9.1	国际组织与公约	(173)
9.1.1	国际原子能机构	(173)
9.1.2	经济合作与发展组织核能署	(175)
9.1.3	国际公约	(176)
9.2	国外核安全监管	(177)
9.2.1	法律法规	(177)
9.2.2	监管机构	(181)
9.3	中国核安全监管	(183)
9.3.1	法律体系	(183)
9.3.2	监管机构	(184)
9.3.3	许可证制度	(186)
9.4	核安全监管有效性	(188)
9.4.1	概念与意义	(189)
9.4.2	监管有效性影响因素	(189)
9.4.3	提高监管有效性的措施	(190)
第10章	风险认知与公众接受	(192)
10.1	谈核色变与邻避效应	(192)
10.1.1	原罪——核武器发轫	(192)
10.1.2	救赎——三次核事故	(193)
10.1.3	利弊权衡——邻避效应	(196)
10.2	风险认知	(197)
10.2.1	风险度量	(197)
10.2.2	影响因素	(200)
10.2.3	调控手段	(202)
10.3	风险沟通与“塔西陀陷阱”	(203)
10.4	未来研究热点	(205)
第11章	核安全发展趋势与展望	(209)
11.1	发展现状与挑战	(209)
11.2	革新思路探讨	(210)
	参考文献	(212)

第 1 章 核安全起源与演进

安全是一个自人类诞生以来就一直要面对的问题,由于放射性危害及可能造成的社会、经济和政治影响,核安全受到广泛关注。随着时代发展和技术进步,公众对核安全的认识不断发生变化,核安全理念也不断演进。核安全是一个相对的概念,绝对安全是不存在的,因此需要确定能被广泛接受的核安全目标。在核能与核技术利用过程中,需要遵守核安全的相关基本原则,从而实现核安全目标,减少对人员、环境和社会的损害。

本章从核安全及其相关概念出发,介绍核安全相对于其他安全问题的特殊性,以及核安全的目标与基本原则,并以三次核事故为主线阐述核安全的演进过程。

1.1 核安全概念

核安全的概念在不同场合有不同的定义,涉及的范畴也有所不同。为了更好地理解核安全,需要先理解安全的概念。本节从安全的定义出发,对核安全及其相关概念进行介绍。

1.1.1 什么是安全

通常,安全被认为是“没有危险和没有损害”。《职业健康安全管理体系》(GB/T 28001)中给出的安全定义是“免除了不可接受的损害风险的状态”。国际民航组织对安全的定义是“安全是一种状态,即通过持续的危险识别和风险管理过程,将人员伤害或财产损失的风险降低并保持在可接受的水平或其以下”。总体而言,安全的基本概念可以总结归纳为:控制风险达到可接受的水平。

从辩证的观点来看,安全是一个相对的概念,绝对安全是不存在的。也就是说,衡量一件事情是否安全,只能放在具体环境中与其他事情比较才有意义,孤立地讨论其安全与否无法得出有意义的结论。

1.1.2 核安全的定义

在不同的工业和生产领域,对安全的表述形式不同,但其基本内涵是一致的。核安全,顾名思义,是指在核能与核技术领域涉及的安全问题。

与其他能源相比,核能在军事上的应用使得人们对核武器与核材料的扩散问题尤为关注,核辐射还会对人与环境产生放射性危害。为此,2003年国际原子能机构(International Atomic Energy Agency, IAEA)为帮助成员国在监管核能与电离辐射的和平利用方面建立

法律体系,出版了《核法律手册》(Handbook on Nuclear Law)。手册中提出核法律的基本原则是“安全原则”和“安保原则”。2011 版手册进一步提出了“N3S”概念,并以“N3S”概念作为该手册的指导方针。所谓“N3S”是指“核安全(Nuclear Safety)、核安保(Nuclear Security)和核保障(Nuclear Safeguard)”。

通常所说的核安全有狭义和广义之分,上述所说的“Nuclear Safety”即狭义的核安全,而广义的核安全通常是指“N3S”。下面分别从这两个层面加以介绍。

1. 狭义的核安全

通俗地说,狭义的核安全是指采取适当的措施确保核设施和核活动的安全,保护人类和环境免遭辐射危险,包括核设施安全、辐射安全、放射性废物管理安全和放射性物质运输安全等。核设施是生产、加工、使用、处理、贮存或处置核材料的设施,是人类开展核能与核技术利用的主要载体。辐射安全问题主要来自核设施及相关核活动或其他辐射源。放射性废物管理安全和放射性物质运输安全是某些特定核活动的安全。本书重点关注核设施安全,辐射安全、放射性废物管理安全和放射性物质运输安全将不作为本书的重点介绍内容。

对于核设施安全,较为广泛使用的定义是“核设施能运转在适当的状况下,并能有效地预防事故发生,一旦事故发生也能适当地减轻事故后果,可以保护工作人员、公众以及环境免于遭受过量的放射性危害”。核设施包括核电厂、各种核燃料循环装置、研究堆和临界装置、放射性废物处理和处置设施等。IAEA 在其安全相关的术语中对核电厂安全的描述是“实现正常的运行工况,防止事故或减轻事故后果,从而保护工作人员、公众和环境免受不正当的放射性危害”。本书将重点围绕核电厂(反应堆)安全开展论述,其他核设施安全仅作简要介绍。

2. 广义的核安全

除了上述核安全的概念,广义的核安全还包括核安保与核保障。核安保是指防止、侦查和应对涉及核材料和其他放射性物质或相关设施的偷窃、蓄意破坏、未经授权的接触、非法转让或其他恶意行为。核保障主要指通过对核材料的有效控制,确保其不用于非和平目的,它以防止核武器扩散为基本目的。

核安全、核安保和核保障三者关系密切,又有所区别。主要区别包括:

(1) 三者关注的对象不同。核安全专注于核设施与核活动的安全,核安保重点关注核材料实物保护、衡算等,核保障重点关注的是核材料的扩散问题。

(2) 三者涉及的范围不同。核安全涉及无论何种原因的辐射对人或环境造成的危害,核安保涉及可能对他人造成威胁或伤害的蓄意或疏忽行为,核保障涉及核材料扩散对整个国际社会带来的危害。

(3) 三者实施的手段不同。核安全针对核设施和核活动的固有特征,实施过程是透明的;核安保的实施过程一般是保密的,通过安全保卫的手段保障核安保;核保障通过保障协定实施,保障协定是 IAEA 与一个或多个成员国缔结的载有该国或多个成员国承诺不利用某些物项推进任何军事目的和授权 IAEA 监督履行这种承诺的协定。

回顾国际核安全法制建设的发展历史,可以看到国际上对核安全的关注大致经历了 3 个阶段:

(1) 早期核能与核技术主要用于军事,这一阶段重点关注的是核保障问题。核保障作为核安全领域的关键问题,最早出现在核安全领域的国际法律范畴,即 1963 年签订的《部分

禁止核武器条约》和古巴导弹危机后 1968 年签订的《不扩散核武器条约》。

(2) 当核能从军用扩展到民用,由于其涉及的范围更广,人们开始进一步关注核安全问题。核安全问题通过法律规制的形式加以重视是从 20 世纪 70 年代的三哩岛核事故以及 20 世纪 80 年代的切尔诺贝利核事故开始的,如 1986 年的《及早通报核事故公约》和《核事故或辐射紧急情况援助公约》等。

(3) 对核安保的关注则是在“9·11”恐怖袭击之后。“9·11”恐怖袭击引发了人们对核恐怖的重视。如何防止核材料被用于犯罪或其他非法用途,特别是用于生产核武器或其他爆炸装置,逐步成为国际社会热切关注的焦点问题。2005 年修订并发布的《核材料和核设施实物保护公约》和 2007 年通过的《制止核恐怖行为国际公约》,都是围绕核安保问题制定的国际法。

广义的核安全概念中安全、安保和保障三者紧密结合,共同构成了核安全这一学科的三个研究方向。由于核安保与核保障更多针对某些特殊问题的考虑,因此不作为本书重点介绍内容。

1.1.3 相关基本概念

为了更好地理解核安全,需要理解与核安全相关的若干基本概念,下面将对这些基本概念逐一介绍。

1. 风险

同“安全”一样,“核安全”也是一个相对的概念,绝对安全是不存在的,对于政府、核电建设者以及公众,都需要一种合理的度量,为核设施确定一个可接受的安全水平。为了比较不同事情的安全水平,要建立一个安全的度量,人们通常将风险(Risk)作为安全的度量指标。

风险通常可以表示为某一特定环境下,在某一特定时间段内,发生某种不良事件的后果及其可能性的函数。化工行业认为:风险是在特定的时间或特定的环境下,一个特定的不受欢迎事件发生的可能性,根据不同的环境,它可能是频率或者是概率。职业健康安全评价系列标准(Occupational Health and Safety Assessment Series, OHSAS)给出的风险定义是:导致不良事件的危害发生的可能性与该事件严重程度的一个结合。

随着人类所处环境的变化,人们对一件事情的安全评判也会发生变化,人们可接受的风险水平也会随之改变。核安全问题是所有安全问题的一类特定案例,也必须按照同样的方式思考问题。

在核安全领域,IAEA 给出的风险内涵包括:① 表示危害、危险或与实际照射或潜在照射有关的损害或伤害后果发生概率的多属性量,它涉及可能产生特定有害后果的概率以及这类后果的严重程度和特性;② 对某一特定后果(通常是不受欢迎的)进行适当量度的数学均值(预期值);③ 辐射照射导致个人或人群中产生特定健康效应的概率。

2. 核设施

核设施指生产、加工、使用、处理、贮存或处置核材料的设施,包括相关建筑物和设备,通常包括核动力厂(核电厂、核热电厂、核供汽供热厂)和其他反应堆(研究堆、临界装置等),这些设施若遭受破坏或干扰可能导致显著量辐射或放射性物质的释放。核燃料生产、加工、贮存和后处理设施;放射性废物处理和处置设施等。

IAEA 对核材料的解释是：钚（但²³⁸Pu 浓度超过 80% 者除外）；²³³U；浓缩²³³U 或浓缩²³⁵U；非矿石或矿渣形式的含天然存在的同位素混合物的铀；任何含有上述一种或多种成分的材料。我国《核安全法》草案中核材料包括：浓缩²³⁵U 材料及其制品；²³³U 材料及其制品；²³⁹Pu 材料及其制品；氦、氡，含氦、氡的化合物及其制品；需要管制的⁶Li 及其他需要管制的核材料。

放射性物质(Radioactive Material)：因其放射性而被国家法律或监管机构认定为需要接受监管控制的材料。

放射性(Radioactivity)：原子进行自发随机衰变的现象，通常伴随辐射发射。此外，放射性的(Radioactive)表示物质具有发射或涉及发射电离辐射或粒子的特性。

3. 固有安全

固有安全(Inherent Safety)是与安全相关的一个概念。

在 IAEA 术语中，固有安全指的是通过对材料以及设计概念的选取，从物理上消除特定的危害，如采用防火材料实现防火就是固有安全。对于反应堆而言，固有安全性指的是当反应堆发生异常工况时，只是由堆的自然安全性、后备安全性和非能动安全性，不依靠任何外部设备或人为操作的强制性干预，移出堆芯热量并控制反应性，使反应堆实现安全运行和停闭。国际核能界提出：应把固有安全的概念贯穿于反应堆安全设计中。

自然安全是指反应堆的燃料多普勒效应、内在的负反应性温度系数和控制棒依靠重力落棒等遵守自然法则的安全性，事故情况下这些设计可以控制反应堆的反应性或使裂变反应自动终止，确保堆芯的安全。

后备安全是指由冗余系统的可靠度或多道屏障提供的安全性保证。

非能动安全(Passive Safety)指的是安全系统、结构和设备的功能实现不依赖于外部机械、电力、信号或力等。它是建立在重力法则、热传递法则和惯性原理等基础上的非能动设备的安全性。例如，二次侧非能动余热导出系统在全厂失电情况下，利用蒸汽发生器的自然循环导出堆芯余热，这就是非能动安全。

与非能动安全相对应的概念是能动安全(Active Safety)，能动安全指的是安全系统、结构和设备的功能实现依赖于外部机械、电力、信号或力等。例如，电动辅助给水泵由应急柴油机供电，它的功能需要借助外部电力来实现，这就是能动安全。

4. 运行、事故与退役

(1) 运行

运行指的是为实现经批准的设施的建造目的而开展的所有活动。就核电厂而言包括维护、换料、在役检查和其他相关活动，可分为正常运行和异常运行(预计运行事件)等几类。

正常运行：在规定的运行限值和条件范围内的运行。就核电厂而言，这包括启动、功率运行、停堆、关闭、维护、试验和换料。

预计运行事件：在设施的运行寿期内预计至少出现一次，但是由于设计中已采取适当措施而不会引起安全重要物项的明显损坏或导致事故工况偏离正常运行的运行过程。预计运行事件的例子包括正常断电、汽轮机跳闸和主冷却泵断电等事故。

(2) 事故

事故指的是任何意外事件，包括运行误差、设备故障和其他偶然事件，其后果或潜在后果从防护或安全角度看不可忽略。

事故工况:比预计运行事件更严重地偏离正常运行的工况,包括设计基准事故和设计扩展工况。

设计基准事故:按照确定的设计准则在设施的设计中采取了针对性措施,且燃料损坏和放射性物质释放保持在限值内的事故工况。

设计扩展工况:不在设计基准事故考虑范围但在设计过程中根据“最佳估算”方法加以考虑的事故工况,且放射性物质的释放应被保持在可接受限值以内。

(3) 退役

为允许取消对一个设施的部分或全部监管控制而采取的管理和技术行动。这些行动包括放射性材料、废物、部件和构筑物的去污、拆卸和移走;退役也指导致处置设施以外的核设施解控的所有步骤,包括去污和拆除过程。

放射性废物:指含放射性核素的浓度或活度高于监管机构确定的清洁解控水平或受到放射性核素污染的废物。

5. 安全分析与安全评价

(1) 安全分析(Safety Analysis)

对与某种活动行为有关的潜在危害进行评价。

危害(Hazard):特定环境下对生命、财产或环境造成威胁的一种状态。在化工行业,危害是指潜在的人员受伤、财产损失、环境损坏以及这些融合的一个物理状态。在核安全领域,危害是指潜在的伤害或其他损害,尤其是对于辐射风险,是对核安全不利的一个因素或者状态。值得注意的是,在IAEA术语中,危害与事故(Accident)的概念不同,尽管危害可能会导致事故的发生。

确定论分析(Deterministic Analysis):对于关键参数使用单一数值(取概率为1)从而导致结果为单一数值的分析。在核安全中,确定论分析集中考虑事故类型、释放和后果,而不考虑事件序列的发生概率,通常称这种方法为确定论安全分析(Deterministic Safety Analysis, DSA)。

(2) 安全评价(Safety Assessment)

对防护和安全(Protection and Safety)相关实践的所有方面进行评价,就一个经批准的设施而言,它包括该设施的选址、设计和运行等过程中的安全评价。

在IAEA术语中,评价与分析的概念有所不同,评价的目的是提供用以构成就某些措施是否令人满意作出决定之依据的资料,在进行评价过程中可以采用各种分析工具,一项评价可以包括若干分析。

概率安全评价(Probabilistic Safety Assessment, PSA):一种全面的结构性评估,用以确定故障假想方案并得出危险数字估计值的一种概念性和数学手段。

6. 核应急与核安全文化

(1) 核应急

在IAEA术语中,应急表示某些非常规情况,需要迅速采取行动,首要的是缓解对人体健康和生命、生活质量、财产或环境的危害或不利后果。核应急或放射性应急(Nuclear or Radiological Emergency),是由于核链式反应或链式反应产物的衰变能量或射线照射已造成或预计将造成危害的紧急情况。

我国《国家核应急预案》的相关描述为“需要立即采取某些超出正常工作程序的行动,以