

935021

核事故场外 辐射后果评价方法

胡二邦 陈竹舟 译
胡遵素 王恒德 校

基本馆藏

原子能出版社

核事故场外辐射后果 评价方法

胡二邦 陈竹舟 译

胡遵素 王恒德 校

原子能出版社

内 容 简 介

本书全面系统地论述了核事故场外辐射后果评价方法学的基本原理、现状和未来。全书共分两篇。第一篇对核事故场外后果评价方法的概貌作了简单介绍。第二篇共分13章,主要包括大气弥散、气象取样、照射途径和剂量评价、防护对策、健康效应、输入输出、不确定度分析及应用举例等。

本书可供从事核工业环境保护、核电站设计、核事故应急的技术人员和管理人员参考,亦可供高等院校有关专业的教师、研究生和高等院校学生参考。

Commission of the European Communities
radiation protection
Methods for assessing the off-site
radiological consequences
of nuclear accidents

核事故场外辐射后果评价方法

胡二邦 陈竹舟译

胡遵素 王恒德校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

北京仰山印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

开本787×1092 1/32 ·印张6.25·字数138千字

1991年11月北京第一版·1991年11月北京第一次印刷

印数1—1000

ISBN7-5022-0489-X

X·14 定价: 4.00元

参加事故辐射影响评价方法 (MARIA) 计划与编写本书的 工作人员:

德国卡尔斯鲁厄核研究中心 (KfK):

K. Burkart
J. Ehrhardt
F. Fischer
O. Graf
H.-J. Panitz
J. Päsler
C. Steinhauer
S. Vogt
P. Wittek

英国辐射防护局 (NRPB):

J. Burgess
D. Charles
M. J. Crick
J. Dionian
L. Ferguson
S. M. Haywood
M. D. Hill

J. A. Jones

G. N. Kelly⁺

G. S. Linsley⁺⁺

M. E. Morrey (M. E. Broomfield)

J. R. Simmonds

欧洲共同体委员会 (CEC):

F. Luykx

J. Sinnaeve

⁺ 新的通讯处: NII, Liverpool, UK.

⁺⁺ 新的通讯处: IAEA, Vienna.

前 言

在所有涉及核燃料循环的国家中，评估放射性事故释放所致环境辐射后果的概率方法学正越来越受到关注。

欧洲共同体委员会（CEC）的科学、研究和开发总署与就业、社会事务和教育总署密切协作，在其1980—1984年辐射防护大纲的基本结构内，于1982年制订了一份称为事故辐射影响评价方法（MARIA）的两年研究计划。其目的是审议和建立用于欧洲共同体国家的核事故后果评价方法。为此，在上述大纲范围内开展了广泛的实验和理论研究工作。

主要承包者是英国的国家辐射防护局（NRPB）和联邦德国的卡尔斯鲁厄核研究中心（KfK），他们共同负责下述六项研究课题。

- 考虑地形影响的大气弥散，
- 气象取样方案，
- 沉积放射性的外照射，
- 放射性核素通过食物链的转移，
- 包括轨迹模式和湿沉积模式的中尺度弥散，
- 不确定度分析。

若干有关特殊问题的支持性研究已由其它许多研究机构完成。由英、德两国承包者准备的这份报告介绍了在建立适用于欧洲范围的事故后果评价方法学这一领域的现状和将来的目标。委员会期望，对于那些将直接从事概率后果评价的人员来说，本报告将成为他们有用的工具，而一般说来，对

于所有有关辐射防护和核能的职业人员，本报告将成为他们的资料来源。

保健和安全部主任

E. Bennett

生物学、辐射防护和医学研究部主任

F. Van Hoeck

序

本报告是作为欧洲共同体委员会1980—1984年辐射防护研究大纲合同的一个组成部分而准备的。在此大纲下，1982年制订了一个两年计划，称为事故辐射影响评价方法(MARIA)项目。此项计划的目的是审议和改进欧洲共同体诸国使用的核事故后果评价方法。此项研究工作的主要承包者是联邦德国的卡尔斯鲁厄核研究中心(KfK)与英国的国家辐射防护局(NRPB)。此外，其它大量的研究合同由欧洲共同体委员会内的许多实验室承担。

MARIA项目的结果已经以若干种形式作过报道。主合同的6项研究课题(其概述见本报告附录I)和许多其它研究合同的主要技术结论已在他处发表(见文献目录)。此外，在欧洲共同体委员会(CEC)于1985年4月15—19日在卢森堡举办的“关于核事故场外辐射后果的评价方法”讨论会^①上，对MARIA项目作了广泛的介绍和讨论。在1985年春季MARIA项目结束时，本报告介绍了作者对事故后果评价领域的综述。

为了帮助对事故后果分析不熟悉的读者，本报告分成两篇进行介绍。

在第一篇里反映了事故后果评价在概率风险研究中的重

^① “关于核事故场外辐射后果的评价方法的研讨会”论文集，卢森堡，1985年4月15—19日，欧洲共同体委员会(CEC)。

要意义，讨论了事故后果评价在诸如确立核设施风险及其选址、应急计划准备和设计准则等领域中的应用。此篇旨在供希望了解上述技术应提供什么和使用这类技术会涉及到什么的非专业人员使用。此篇不包括关于环境转移过程及其模式化的任何细节。

本报告的第二篇是供对较详细讨论有兴趣的读者以及熟悉所用模式某些方面的工作人员使用的。在第二篇中描述了事故后果评价方法学的现状，展示了未来的需要和前景，并包括若干应用举例，以示可能得到范围很广的结果。

目 录

第一篇 事故后果概率评价方法学及其应用概述

1. 引言	(1)
2. 事故源项及其发生频率	(4)
3. 事故后果评价 (ACA)	(5)
4. 用于事故后果评价的计算机程序	(11)
5. 事故后果评价结果的表示	(12)
6. 事故后果评价的应用	(15)
7. 小结	(20)
参考文献	(20)

第二篇 事故后果方法学——目前状况、 未来需要和承前性应用举例

1. 引言	(23)
2. 输入	(24)
2.1 厂内的与场外的事故分析之间的相互关系	(24)
2.2 在以往风险研究中采用的程序	(25)
2.3 各类核设施修改后的源项特征	(29)
2.4 关于接口过程的未来要求	(30)
2.5 小结	(33)
3. 大气弥散	(34)
3.1 引言	(34)
3.2 在以往风险研究中的大气弥散和沉积的模式化	(36)
3.3 弥散模式化的将来发展方向	(38)

3.3.1 风向改变	(39)
3.3.2 地形	(40)
3.3.3 长持续时间的释放	(41)
3.3.4 降雨的空间和时间分布	(42)
3.3.5 海岸效应	(43)
3.3.6 重力沉降	(44)
3.3.7 湿烟羽释放的弥散和沉积	(44)
3.3.8 烟羽抬升	(45)
3.4 小结	(45)
参考文献	(46)
4. 气象取样	(47)
4.1 气象取样的目的	(47)
4.2 气象数据的选择	(48)
4.3 取样技术	(49)
4.4 关于分层取样的讨论	(50)
4.5 用于一般风险评价的取样方案的概况	(52)
4.6 小结	(52)
5. 照射途径和剂量评价	(53)
5.1 外照射途径	(53)
5.1.1 一般原理	(54)
5.1.2 由过往烟云中的放射性产生的外照射	(56)
5.1.3 沉积于地表面的放射性的外照射	(57)
5.1.4 来自沉积于衣服或皮肤上的放射性的外照射	(58)
5.1.5 来自水中放射性的外照射	(59)
5.1.6 小结	(60)
5.2 内照射途径	(60)
5.2.1 由吸入造成的放射性核素的摄入	(61)
5.2.2 由食入引起的放射性核素的摄入	(63)
5.2.3 内照射剂量学	(69)

5.2.4 小结	(70)
参考文献	(71)
6. 网格	(73)
6.1 引言	(73)
6.2 基本数据要求	(73)
6.3 资料的可获得性	(75)
6.4 用于事故后果评价的数据处理	(77)
6.5 对将来工作的概述与要求	(79)
参考文献	(79)
7. 对策模式	(80)
7.1 引言	(80)
7.2 减少直接照射的对策	(81)
7.3 减少长期剂量的对策	(82)
7.4 对策模式的特征	(83)
7.4.1 初始延迟	(83)
7.4.2 有关对策的细节	(83)
7.4.3 进一步考虑	(86)
8. 健康效应	(87)
8.1 辐射的生物效应	(87)
8.2 可获得的数据和使用的模式	(91)
8.2.1 非随机的“早期”健康效应	(91)
8.2.2 随机的“晚期”健康效应	(94)
8.3 现有的数据和模式的适用性	(100)
9. 经济	(101)
9.1 引言	(101)
9.2 经济模式	(103)
9.3 在不同时间的损失	(106)
9.4 将来的改进	(106)
参考文献	(107)

10. 输出	(107)
10.1 事故后果评价的基本结果	(107)
10.2 事故后果评价结果的习惯表示	(109)
10.3 文件实施的弱点和改进建议	(110)
10.4 关于ACA结果表示方式的结论	(114)
11. 不确定性分析	(116)
11.1 引言	(116)
11.2 问题的说明	(118)
11.3 问题的解决方法	(119)
11.4 小结	(124)
参考文献	(125)
12. 示范性的应用	(125)
12.1 引言	(125)
12.2 风险研究中的健康效应评价和它们的概率估算	(126)
12.2.1 事故后果的频率分布	(126)
12.2.2 与距离有关的个体危险	(131)
12.2.3 死亡危险按器官和照射途径的分类	(133)
12.3 辐射剂量评价及其在决策过程中的应用	(134)
12.3.1 个体的器官剂量	(134)
12.3.2 群体剂量	(136)
12.3.3 器官剂量按照照射途径的分类	(137)
12.4 放射性浓度评价及其潜在应用	(140)
12.5 应用ACA结果作为推导防护措施干预水平的依据	(143)
12.6 ACA在选址中的应用	(146)
参考文献	(148)
13. 小结	(148)

附 录

附录 I	(151)
附录 II	(157)
文献目录	(175)

第 一 篇

事故后果概率评价方法学 及其应用概述

1. 引言

在过去的十年里，特别是在美国的反应堆安全研究（WASH-1400）发表以后，对概率危险评价（PRA）及其在核安全领域中的潜在应用性更加关注。虽然最初对PRA的价值持较大的保留态度，但目前PRA技术已达到一个比较成熟的发展阶段，这主要归因于该技术的应用日益增加与扩大。PRA技术最初应用于评价核设施存在的危险，除此之外，现在已用于对下述诸问题进行决策时提供输入数据：可供选择的设计方案的取舍、选址、应急计划、确定研究项目的先后次序及“安全目标”的确立。虽然对PRA给出的肯定结果仍须持相当谨慎的态度，但此技术确实为核安全的决策提供了有价值的定量输入数据。PRA技术要求的严密方法更进一步使人们对方法的完整性增强了信心。

核设施的运行对公众所造成的危险有两个不同的来源，即核设施正常运行时排出的放射性流出物造成的辐射照射和潜在事故可能导致的放射性物质向环境释放造成的辐射照射。这两类危险无论在性质上还是在评价它们时所采用的方法上都存在明显的差别。虽然在设计和建造中，通过保持流出物排放量“尽可能低”的总要求，使核设施运行中的流出物排出量保持在很低的水平，但这种流出物的照射是不可避

免的后果。许多情况下,核设施的排放是“准连续”的,根据对周围环境及公众生活习惯的了解,能对个人及公众群体所受的照射作出可靠的估算。估算这类剂量的详细方法已开发出来并已形成文件⁽¹⁾。

然而,必须采用另一种不同的方法来评价潜在事故造成的危险。虽然在核设施的设计、建造和运行中采取了详尽的预防措施,但仍存在发生导致放射性物质向环境释放的事故的可能性,尽管这种可能性很小。放射性物质的释放量可以从微不足道的量直至所考虑的核设施的放射性总贮量的一个显著份额。正常运行时,流出物的排放处于可控状态,而且在设施的整个寿期多少是连续发生的;与此相反,事故的发生不能预先确定,只能在概率分析基础上进行预测。同样,流出物排放造成的照射(及其危险)可以确切地估算,而假想事故造成的却只能做概率估算。

一次假想的放射性物质释放所造成的后果将随当时的条件,特别是主导气象条件、季节、公众所处位置与生活习惯等的不同而有很大的差异。例如,就位于沿海的核设施而言,一次释放的放射性物质经城区上空向内陆弥散的事故与那些其释放物吹向海洋的事故相比,两者的后果显然是完全不同的。因此,就任何一次特定的释放而言,其可能造成的后果将存在一个谱分布,每一种后果有不同的发生概率,此概率由释放位置及其周围的环境特征所决定。因此,在评价事故危险时,释放及其可能造成的后果两者都必须以概率基本结构进行处理。

PRA技术被用来评价各种潜在事故对公众造成的危险。PRA能方便地分成两大类:工厂安全分析和事故后果评价(ACA);两者间的相互关联示于图1。

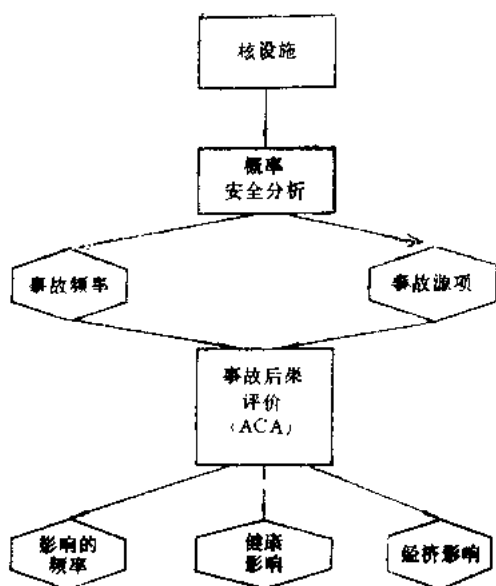


图1 概率危险评价的一般结构

根据核设施的概率安全分析，能预测特定事故发生的频率以及每种情况下释放的放射性物质的特性。

释放物质的特性常常称为“源项”，包括每一种放射性核素的释放量、释放物质的物理和化学形态、释放的持续时间和释放的热含量以及其他一些参量。将事故“源项”和各类事故发生的频率输入ACA，由此预测以场外健康影响和经济影响来表示的事故后果以及它们可能出现的频率。确定源项及源项对ACA模式化的影响的方法在下一节叙述。在其后的各章节中，将概述场外ACA模式的基本结构，引述各种现有的计算机程序以及描述通常采用的数据输入方式。最终，综述ACA在各个领域中的应用。