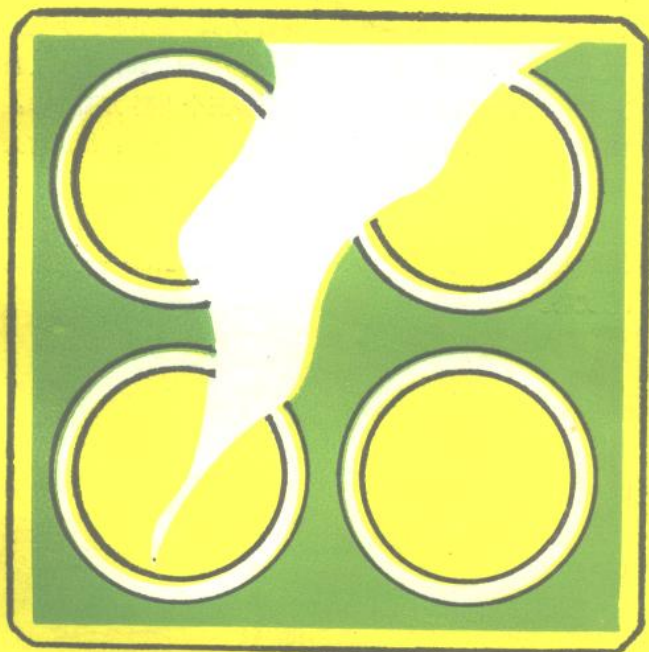


核动力:意外渗漏

——公共卫生防护原则

陆新源 康 杰 译 朱承谟 审



世界卫生组织
欧洲办事处
欧洲丛书 16

人民卫生出版社

核动力：意外渗漏 ——公共卫生防护原则

陆新源 译
康 杰
朱承漠 审

世界卫生组织欧洲地区办事处

欧洲丛书 16

人 民 卫 生 出 版 社

ISBN 92 890 1107 6

© 世界卫生组织 1984

根据《全世界版权公约》第二条规定，世界卫生组织出版物享有版权保护。要获得世界卫生组织欧洲地区办事处出版物的部分或全部复制或翻译的权利，应向设在丹麦，哥本哈根 DK-2100 Scherfigsvej 8 欧洲地区办事处提出申请。该办事处欢迎这样的申请。

本书采用的名称和陈述材料，并不代表世界卫生组织秘书处关于任何国家、领土、城市或地区或它的权限的合法地位、或关于边界或分界线的划定的任何意见。

本书提及某些专业公司或某些制造商号的产品，并不意味着它们与其他未提及的类似公司或产品相比较，已为世界卫生组织所认可或推荐。为避免差讹和遗漏，专利产品第一个字母均用大写字母，以示区别。

本书所表示的观点仅代表作者的观点，不代表世界卫生组织和联合国环境规划署的决定或规定的政策。

核动力：意外渗漏

——公共卫生防护原则

陆新源 康杰 译

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

北京市房山县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米32开本 26印张 49千字

1986年10月第1版 1986年10月第1版第1次印刷

印数：00,001—4,000

统一书号：14048·5294 定价：0.52元

2471/23

目 录

引言	1
第一章 指导原则	4
对策经费	4
应急计划	5
事故的时相	6
剂量测定	6
干预水平	7
权力机关的作用	8
第二章 时机和决策	9
意外事故的时限	9
对策的时间性	11
制订决策	13
第三章 确定辐射照射	14
照射途径	14
照射水平	16
第四章 照射影响的估计	19
非随机效应	20
随机效应	24
第五章 对策的选择	26
对策的类型	26
选择标准	37
第六章 社会的心理影响	41
问题的性质	41
问题的处理	41
公众的接受性	42

第七章 参考水平的选择	44
总则	44
参考水平	45
参考文献	49
附件 1	67
附件 2	68

引 言

世界卫生组织曾始终不渝地协助其会员国提高对日益广泛使用放射物给公共卫生带来的潜在影响上的认识。世界卫生组织作出的这些努力，既补充了类似国际辐射防护委员会和国际原子能机构活动的不足，又与这些组织进行了合作。以上所进行的卓有成效的工作，已见诸世界卫生组织的系列出版物¹⁻⁶。

本报告旨在继续发挥世界卫生组织努力作出的成果，给那些有可能向周围环境渗漏超过规定标准的放射性物质（如核动力工厂的不测事件）的案例，提供如何处理面临问题的方法指导。本报告所提及的维护公众卫生措施，也是在遇到类似意外事故时要采取的行动，包括制订和执行能缓和影响人们健康的应急计划。

本报告收集的资料和经验总结都是世界卫生组织于1981年11月23~27日在布鲁塞尔的工作小组成员与比利时政府合作提供的。报告讨论并评价了核工厂在突发性放射性渗漏时可能采取的各种行动。它未提供详细技术数据，但广泛审评了制订决策所依据的合理基础，并由工作组成员对其现有地位作出估计。

来自13个国家的22位临时顾问以及国际原子能机构、经济合作和发展组织和国际辐射防护委员会的代表出席了会议。会上对四种重要学科（放射防护、卫生物理学、环境科学和技术以及人类生物学）和三种主要专职人员（内科医生、工程师和物理学家）的论题提出了一项综合性多学科方法。

本报告的目的在于向各国政府提供在发生核意外事件采取行动时如何发挥力量。制订应急计划经常是几个组织的共同责任，卫生当局并不总是其中的唯一组织。指导重点应放在设法减轻放射性核素渗漏给公众健康带来的影响，而这种渗漏是在核装置意外事故中可能继之发生的事故之一。从这个角度出发，政府主管当局必须重视以下几点：

——制订初步计划。卫生当局可以顾问资格协助确保核设施在设计、组装和运转过程中的安全，并确保在应付可能发生的紧急情况中有计划可循。

——工作措施。卫生当局应当确保①配备应急班子，其水平应是与突发事故带来的公共卫生问题相适应；②为了应付突发事故，所要采取的公共卫生行动应与参加的各有关团体相互适当合作；③负责公共卫生人员应受到正规训练。

——贯彻落实。卫生当局应当确保估计突发事件的手段有效；应急对策中的具体办法确实能实施；恢复和重新进入受污染区域的计划也能制订。

卫生当局必须在不同程度上参与上述三个步骤。

本报告概括了如何应付核工厂意外事件的总则和基础。其中对某一特定事故的应付，尤其是特殊对策的选择及其贯彻的时间性，主要取决于特殊情势，包括事件性质，该区地理状况以及当时气候条件等因素。因而在推荐使用这些指导原则时，应尽量保持其灵活性。

指导原则是按国际辐射防护委员会制订的基本原理产生的。该委员会有总委员会主席和副主席在内的8位成员出席了本次会议。第二章论述了核渗漏的来源、时间以及有关对策的重要性。第三章描述了辐射的主要途径及其后果。第四章对放射线的危害作了估价，尤其从非随机效应角度来

看，强调了它的单独危险性。第五章以表格方式列举了可能采取的对策（包括与每项对策有关的危险和益处）。第六章涉及意外事故引出的社会心理问题。第七章阐述了作出决策的主要参数并指出如何和为什么规定参考水平级。

在美国三里岛突发事件中暴露出来的一个重要问题就是事件本身给公众造成心理上的冲击以及不同政府机构作出反应所引起的混乱。实际上出现的这许多问题通过一个较好的应急计划，尤其是从公共教育方面入手是能够避免的。这也是准备这份报告的专家们的信念。通过出版这份报告，世界卫生组织希望能以此指导有关政府当局，不仅较好发挥对付核装置意外事故的应付能力，以减少对公众健康造成的影响，而且避免在已受到影响的人群中造成不必要的社会心理冲击。

H. P. Jammet博士被选为工作组的主席；J. C. Nénot和R. H. Clarke两位博士为大会起草了报告。F. Komarou博士和M. J. Suess博士担任了科学秘书。

根据大会报告起草者和与会工作组成员评论后准备的一份草案，由R. H. Clarke博士，J. C. Nénot博士和M. J. Suess博士组成的起草委员会于1983年8月在巴黎开会并完成了报告的最后文本。

第一章 指导原则

纵观过去几十年，与非核能工业相比较，商业核能的发展已有较为满意的安全记录。但是任何一种体系都不能肯定它有十分安全的把握。由于放射渗漏突发事件可能对公众健康有害，因此必须制订应急计划。

对策经费

对策的主要目标是降低渗漏或可能渗漏到环境中去的放射性物质对人的伤害。这种降低只能通过采取补救措施来获得。而在目前所采取的补救措施中，其本身也可能对公众健康有危险，同时亦增加社会的负担花费。如果最终能使放射性辐射减少，而与社会花费及对公众健康的为害性增加相比较能获得纯收益的话，则这种补救措施将仍然是正确的。

国际辐射防护委员会推荐的正常工作照射剂量限制体系不适于突发事件^[7~8]。遇到异常事件，委员会参与时将作下述声明⁷⁾。

适于限制异常照射公众的干预形式取决于不同情况。放射物质意外渗漏后采取减少人群照射的所有对策，给有关人群带来或多或少的伤害，或者威胁健康，或者引起一些社会混乱。因此，在决定采取何种对策时应以其带来的伤害及其所取得的减少照射两者之间的平衡为依据。对策带来的危害大小随性质和情况不同而变化，如随着事故地区所涉及的人口规模大小而变化。另一方面，对策产生的效率要取决于推荐对策的速度。因此，将一般可用的干预水平加以固定是不

可能的。而所需干预常常超过这个水平。然而有可能决定一些干预水平，在此水平下一般认为干预是不正确的。干预水平取决于每一事件的特殊情况，因而只能提供一般指导。

因为大多数干预形式都包含着某些伤害，所以干预的最理想方法取决于干预引起的伤害及其获得的降低放射性照射量所期望的效益，二者之间得到平衡。这种平衡必须取决于需要采取干预的局部情况，但初步计划应事先制订以防万一。

同样的总则见于国际原子能委员会、国际劳工组织和经济协调和发展组织核能委员会以及世界卫生组织共同颁布的《放射防护基本安全标准》：

放射源或实践操作……会使操作人员和周围居民受到偶发或紧急放射线照射，因此必须由主管当局制订和确定干预计划。计划应包括预见情况以及说明应急对策有效性的具体条款。

应急计划

事故发生后可能采取保护公众健康的行动应作为整个应急计划的组成部分。应急计划必须事先制订以控制并有效限制事故造成的后果。

计划的制订应针对可能发生的广泛突发事件，而不仅仅是少数引证过的事故。每一种事故从性质和程度上产生不同的后果，因此不会只以极个别的事例作为制订计划的依据^{〔11〕}。选择计划目的必须范围广泛，从不要求现场外行动（由于不可能有现场外任何重要后果）到具有现场外重要后果的计划目的，尽管其不大可能发生。

应急计划所需细节程度随着突发事故几率的减少而减

少。计划还要考虑核工厂可能排放何种放射物质成分。总之，这个计划必须灵活，能适合意外事件的特殊情况。适于大范围意外事件和保持其灵活性的总原则可见于许多国内外的出版物中〔7, 8, 12~18〕。《放射防护基本安全标准》已作了如下明确陈述：

应急计划应根据意外事故后放射渗漏的辐射后果研究来制订。这个计划应相当灵活，能在真实情况下加以采用，因为它一般不同于引证过的事故。

事故的时相

根据现在掌握的资料，核装置发生的任何意外事故可分为连续的几个时期，以代表各种标准功能：按事故发生的年月次序，对人群造成危险的水平，或按防止潜在照射采取的对策来区分。制订应急计划时，防止照射是最重要目标，因为最优先要做的是保护人群免遭潜在照射危害。

通常大多数意外事故都具有三个连续时期〔12, 14, 16, 19〕，在每个时期中不同的考虑会影响对策的决定。

——早期 这时期包括有渗漏威胁，和事故最初发生后的几个小时。

——中期 这个阶段是在事故发生几小时后开始，并能连续一至数天。此时，大多数放射性已渗漏，而且放射性物质可能早已落到地面。

——后期 这个时期是决定恢复正常生活条件的时期，可能延续较长。

剂量测定

核装置意外事故中渗漏的放射物质有多有少，而且剂量

大小范围也很广泛。不但有随机危险，而且剂量较高时也存在非随机危险。在早、中期，使用对策以避免非随机影响并减少个人的随机危险。对非随机影响来说，个人危险最恰当的剂量，测定法规定是吸收剂量。从随机危险来看，一旦剂量水平达到要采取对策时，那么剂量当量将是最满意的規定。

虽然对策本身的危险取决于人口多少，然而早、中期的集体剂量负担与之无关。在最终及最终以后的阶段，才必须对事故造成的损害加以确定，如集体剂量负担这样的定量才会有意义。在为后期阶段(如对土地和建筑物进行除沾染时)选择对策时，从有限制区域估计出的集体剂量可能与之有关。

干预水平

应急计划应包括干预水平，即每一时期采取有关对策的各点。在决定干预水平 and 对策能避免的剂量时，应当考虑的是规划剂量（若无对策可行时，可以接受此剂量。）当然，在进行每个对策时，不可能有一种独一无二的剂量值，而此值取决于发生事故地点的特征，装置本身以及事故发生时的环境。干预水平须有灵活性，以便根据人群大小和分布以及其它多变情况，诸如事故发生地区的气象条件和事故可能升级，灵活运用。因此只能规定一个剂量范围，在此范围内制订干预水平。

对每个干预水平来说，需要计算一个在实践中使用的推导值。由此推导出的干预水平可由吸入、外照射、饮水、肉·乳等各种食物环节制订出来。推荐对策常要根据推导的干预水平，而后者又须与照射前预计的和照射后测得的水平相比较。

权力机关的作用

国家主管机关的职责是采取行动，保护公众免遭核意外事故后果的影响。发生事故后，卫生当局的具体作用要根据每个国家的责任分工来确定。他们要参加紧急计划的制订，也可能是提供资料、教育公众的当然机构。应当事先让当地公众了解存在应急计划这一事实以及提供一些应急计划基本要点的信息和简明扼要的说明。如果当地公众受过专门培训，那么他们一旦面临危险时，一般就能合理对付。

如果发生意外事故，最重要的是尽速通知公众，因为要迅速采取某些对策。对于实施决策的公众，应尽早向他们详细解释清楚，保护他们的行动。

贯彻应急计划时，要求许多不同权力机构采取联合行动和协调，包括内政、警察、保卫、消防、卫生、放射保护以及安全等部门。可能采取的特殊公共卫生行动应在各个程序中划清，指定各支持应急小组的活动。

第二章 时机和决策

为核装置制订应急计划时，必须事先考虑大范围的意外事故。在大多数意外事故中，放射性物质向大气逸散。其潜在后果比意外液体溢出要检查得更详细一些。

一般说来，意外渗入水源环境里的情况发生不多，而且在照射入群前也可能有相当一段时间的延缓^[30]。发生渗入水源环境以后，决策的某些方面可能与大气逸散后期相似。本报告主要述及早期阶段的决策，因而，未对水源暴露作更多的考虑。

意外事故的时限

渗漏的性质取决于核装置的类型以及事故的严重程度。制订应急计划时，应当考虑各种不同的放射渗漏源，每一渗漏源都按存留的内芯部分明确表示，包括发生的可能性，渗漏前的告警时间和预期渗漏的持续时间。在估计决策实施可行性及其减少事故引起潜在后果的效果时，事故的时间分布颇为重要。特别重要的时间为：从认出事故要发生到开始向环境渗漏放射物的时间，渗漏警告和持续时间。这三个参数是相互联系的，在制订应急计划中有不同重要性^{[31][32]}。

认出意外事故开始到放射物质逸散到大气层这段时间很重要。若时间很短，那么在渗漏发生前就不可能采取任何对应措施。一般说来，这种类型的事故在核反应堆这种精心设计了安全系统的大型核装置中，发生的可能性是非常小的。在这种失去控制的核渗漏发生前大多会有延缓时间。这

种延缓变化很大，从半小时至一天或更长^[14 23 24]。有时在事故发生后有可能控制住渗漏。

觉察到即将发生事故并有可能使场外人群遭受照射危险与出现放射物质渗漏之间的时间是告警时间。这个时间参数对制订决策来说是很重要的，特别是关于是否应采取对应措施和选择哪一种措施。

渗漏的时间是多变的，从几分钟到几天。一般在大多数可能发生的事故中，可以预料持续数小时的渗漏大部分都在第一小时内渗出。此外，渗漏也可能拖延数天，但大部活性于事故发生的当天漏掉。渗漏也有高峰，峰间间歇不同，无法预测。然而，渗漏持续时间总是一个重要参数，因为过于延长，可能出现风向和风速的变化。这就可能减低接受的剂量。但也可能影响那些在早期未检查到的人群。

考虑下列三个主要参数之后，渗漏前的时间延缓，渗漏的持续时间和告警时间，按照不同组合，渗漏可大略分成如下三种：

- 短期或长期，
- 控制或失去控制，
- 告警或无告警

另外两个参数对公众的潜在剂量有影响：

——渗漏的海拔：大气层的干扰及其后果将随渗漏是否来自很明确的放射源而不同以及渗漏是否被建筑体周围的气流带走。

——浮力：羽毛的飞扬是使当地居民少受危险的重要参数。渗漏的热容量，其方位、规模及其动量都将对羽毛的飞扬产生重要的影响。关于这一进程的模式目前还没有充分发展，故不能对羽毛的飞扬作正确判断。

对策的时间性

在事故三个阶段（早、中、后期）的每一阶段，当局采取对策时有不同的考虑。实际上各阶段无法清楚划分，且有某些重迭。

早期阶段

早期阶段是指从确认扩展到现场之外的照射到渗漏开始扩展的最初几个小时。发觉为一次事故到渗漏开始这段时间也可能只有半小时或更短，而且渗漏的持续时间也可能短至半小时。这样短的时间要使人们作出相应对策是有困难的，因为需要预测意外事故的未来进程以及还未出现的情况。对现场以外照射的估计以及用适当措施减低其可能性是一种既困难又冒险的工作。

告警阶段及渗漏发生的最初几小时的共同特征是其实施决策都根据同一准则：从核装置本身来的数据和当地气象条件。临时估计可能发生渗漏的放射物质的性质和数量以及渗漏的年代，应在以后不断加以修正。因为核装置多半也提供与决策有关的第一手气象资料，所以装配一套精确可靠的系统来监测气象条件就变得非常重要了。

早期阶段中的危险包括核装置直接外照射，羽毛的外照射，地面的早期沉着物，衣服和皮肤上的污染物以及吸入羽状物上的放射物质。

中期阶段

中期阶段包括从渗漏开始的最初几小时到延续一至数天。在此期内绝大部分渗漏早已发生，而大量放射性物质可能早已沉着在地面，除非渗漏仅为稀有气体。制订第一和第二期应急计划的时间界限不明显。在第二阶段中，可逐渐取

得环境检验的首批结果。这些结果以及预测任何将来的渗漏，将肯定或修改原有的决策。

在中期阶段中，人群可遭受来自各种放射源的照射：沉着在地面上的放射线核素，摄入直接或间接污染的水和食物，吸入悬浮于污染区域如地面、道路和建筑物上面的放射物质。

后期阶段

此期涉及恢复正常生活条件，事故发生后可延续几个星期到几年，持续的时间取决于渗漏的性质和重要性。对公众的危险与摄入污染食物以及污染环境的外照射有关。在此阶段，从环境检测获得的数据可用来决定恢复到正常生活条件，同时或逐渐解除前二期的各项对策。相反的话，也可决定继续较长时期贯彻某些限制。例如影响农作物的生产，封闭某些区域或建筑物以及对来自某地区某些食物（蔬菜、肉类和牛乳）的消费。

后期阶段也称恢复时期，其目标是恢复正常生活条件。在此阶段进行和维持健康保护措施的决策（健康和社会经济措施），其依据将不同于那些用于最初的二个阶段。这时，决策的理论基础也不同于应急计划的早期阶段。举例说，早期阶段主要考虑的是，如不实施防护措施，就有可能接受个人照射量。在早期阶段，有可能需要对他们采取快速对策的那部分公众，在多数情况下是属于相当明确，相对来说是小规模的。居住在远离核装置的大多数人群所接受的低水平放射性剂量，将是放射渗漏集体剂量的主要成分。如采取措施以避免接受这些剂量可能是不切合实际的。从另外方面看，各种剂量如集体剂量当量和约定集体剂量当量及其分布，在估计与渗漏有关的总健康危害时是有关的。高于某一单独剂量标准的集体剂量，构成恢复期利用成本-效益分析的决策基础。