

在重大辐射事故中对公众的保护：拟定计划的原则

国际放射防护委员会第40号出版物

原子能出版社

国际放射防护委员会 (ICRP)

第40号出版物

在重大辐射事故中对公众 的保护：拟订计划的原则

ICRP第4专门委员会报告

(委员会1984年5月通过)

李树德 译

原子能出版社

ICRP Publication 40

**Protection of the Public in the Event of Major Radiation
Accidents:**

Principles for Planning

ICRP, Pergamon Press, 1984

国际放射防护委员会第40号出版物

在重大辐射事故中对公众的保护:

拟订计划的原则

李树德 译

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 787×1092¹/₃₂ · 印张1.625 · 字数 35千字

1985年11月北京第一版·1985年11月北京第一次印刷

印数1—1350·统一书号: 15175·753

定价: 0.38元

内 容 简 介

本报告论述了在重大辐射事故中保护公众的原则，将事故进程分为早期、中期和恢复期三个阶段，阐述了外泄的放射性物质在各个阶段中对公众的照射途径，以及相应的对抗措施。报告中还论述了事故性照射所伴有的随机性和非随机性健康危害，各种对抗措施所能提供的保护，以及可能遇到的困难，最后给出了应当采取各种对抗措施的剂量水平的一般指导。

本报告可供国家主管部门和大型核设施的辐射防护管理人员参考，也可供从事一般辐射防护工作的人员和大专院校有关专业的师生参考。

本书附有《ICRP 1984 年斯德哥尔摩会议声明》。

序 言

在 1981 年 12 月，经第 4 专门委员会的建议，本委员会任命了一个工作小组编写一份报告，阐述在重大辐射事故中保护公众的一些原则。这份报告是由包括下列成员的工作小组为第 4 专门委员会编写的：

B. C. Winkler (主任)

R. H. Clarke

D. W. Moeller

J. C. Nenot

目 录

序言	
A. 引言	1
B. 拟订干预计划的基本原则	3
C. 事故时间阶段的区分	5
早期阶段	5
中期阶段	7
恢复期阶段	8
D. 在事故中有意义的生物效应	9
非随机性效应	9
个人受照后的近期效应	9
剂量响应关系和剂量学上的量	10
随机性效应	10
照射的远期效应	10
剂量响应关系和剂量学上的量	10
子宫内的照射	12
E. 对抗措施	12
F. 制定决策的原则	14
确定个人剂量的范围	15
恢复期阶段	16
职业性照射与公众的照射	18
早期阶段	18
中期阶段	19
恢复期阶段	20
附录 A 事故性照射所伴有的健康危害	20
非随机性效应	20
个人的急性照射	20

随机性效应.....	23
照射的远期效应.....	23
子宫内的照射.....	24
附录 B 对抗措施所伴有的危险、利益及困难.....	25
早期阶段.....	25
掩蔽和临时的呼吸保护.....	25
服食稳定性碘.....	26
疏散.....	27
中期阶段.....	29
掩蔽.....	29
疏散.....	30
迁避.....	30
控制食物和水并使用所贮备的动物饲料.....	31
控制进入.....	31
人身去污.....	31
医学处理.....	32
恢复期阶段.....	32
附录 C 关于采取对抗措施的剂量值的一般指导.....	33
早期阶段.....	33
中期阶段.....	34
参考文献.....	35

A. 引言

(1) 国际放射防护委员会 (ICRP) 第 26 号出版物载有委员会关于辐射防护的建议^[1]。这些建议对两种不同的照射情况作出完全不同的处理。第一种情况是照射的发生可以预见, 并且可以通过控制辐射源并应用委员会的剂量限制制度来加以限制。第二种情况是照射的来源不受控制, 例如在事故情况下, 因而随后的照射 (如果能够限制的话) 只有进行某种形式的干预, 才能在数量上加以限制。为了本报告的目的, 干预这个术语是指在事故情况下采取的步骤, 旨在限制公众成员所受的照射, 并尽量减少那些无法避免的照射所造成的后果。由于考虑善后行动时所面临的情况差别很大, 委员会认为不可能建议一些适用于所有场合的“干预水平” (ICRP 第 26 号出版物^[1], 第 133 段)。

(2) 本报告旨在提供进一步的指导, 在发生事故的情形下制订干预计划以保护公众时如何应用辐射防护的原则。本报告主要供大型核设施中负责拟订行动计划的人员使用, 在这些单位中有可能泄出大量放射性物质, 从而需要厂址以外的应急计划。本报告中的基本原则是针对核电厂发生的事故发展起来的, 然而这些原则也同样适用于其他核设施。虽然所建立的原则是普遍适用的, 但是也许对某些单位, 例如只使用少量放射性核素的单位, 可以设想到事故在厂址以外造成的后果是很微小的, 因而不值得采取涉及公众成员的应急计划。

(3) 委员会已经指出, 在决定是否需要进行善后行动时, 应当考虑当时存在的具体情况。一般地说, 只有当对抗措施的社会代价和危险小于进一步照射所导致的社会代价和危险时, 采取这些措施才是合适的。因此, 对工作人员以及本单位以外人员的健康安全负有责任的人, 应当准备好一份应急计划, 其中指明需要考虑各种对抗措施的行动水平。制定各种具体情况行动水平, 应当属于国家主管部门的职责 (ICRP 第 26 号出版物^[1], 第 134 段)。为了防止混乱并提高旨在保护公众的对抗措施的有效程度, 应急计划应当给出在可能而又切实可行的范围内事先确定的指导, 说明需要采取特定的对抗措施的剂量水平。然而, 应当认识到, 某些决策只有在事件发生后才能作出。

(4) 委员会建议的公众成员的剂量当量限值, 适用于包含着可以预见的辐射照射的那些作业。所制定的这年限值, 不论年龄与性别, 可以认为相应于很低的危险水平; 因此, 除非某种限值被超过得相当多, 所包含的危险仍然足够低, 以致不值得采取其本身包含着显著危险或过高代价的那些对抗措施。所以, 很显然, 在发生事故的情形下, 假如已经或可能超过了公众成员的年剂量当量限值, 也不一定必须进行善后行动 (ICRP 第 26 号出版物^[1], 第 135 段)。

(5) 应当强调, 要保护公众免受核设施所伴有的危险, 起着主要作用的是精心制作的安全设备, 完善的设计, 建造的质量, 操作和维护人员的可靠的技能, 合适的厂址, 和有效的质量保证。这些措施将减小事故的发生几率和事故后果的潜在的严重程度。然而, 尽管采取了这些措施, 还是不能完全排除事故的发生, 所以应急计划被看做必要的次级防护措施, 一旦发生事故后可以减轻事故的后果。

(6) 在拟订应急计划时通常考虑的事故类型主要是在放射性物质释放到大气之后足以对厂址以外的公众引起危害的那些事故。一般认为对进入水域或海洋环境的事故性排放来说,详细拟订涉及公众成员的应急计划的必要性较小。但是,在事故性排入水域的情形下,随后向人体的转移涉及较长的延迟时间,所以本报告针对事故的后期阶段提出的原则也许是适合这种情况的。

(7) 没有单独一种事故的进展顺序可以用来作为建议应急计划原则的根据。工厂的类型以及泄出各种不同的放射性核素的可能性,将影响针对这个工厂及其所在地而建立起来的应急计划。工厂安全分析所预示的一系列事故进程所造成的厂址以外的后果,应当成为拟订应急计划的根据。

(8) 拟订应急计划应当考虑范围广泛的各种可能的事故,其中包括发生几率很小的事故,并且必须考虑核设施的类型和厂址的特点。对大型核设施来说,可能发生多种多样的事故,但是后果比较严重的事故一般说来发生的几率较小。所以随着事故几率的降低,计划的详细程度也减小。此外,这些计划应当在应用上留有一定程度的灵活性,以便顾及当时存在的情况;例如恶劣的天气条件可能影响采取某种对抗措施的决定。

B. 拟订干预计划的基本原则

(9) 在事故情况下,按其定义就意味着照射源是不受控制的,因而委员会所建议的剂量限制体系不能适用。然而,委员会的建议内容所依据的原则,可以作为事故情形下的干预计划的根据。此外,在剂量限制体系中建议的一部分

方法，即最优化，可以用来帮助制定应付事故后果的决策。

(10) 拟订事故情形下的干预计划所依据的原则如下：

(a) 严重的非随机性效应应当采取对抗措施加以防止，把个人剂量限制到发生这些效应的阈剂量水平以下。

(b) 随机效应的危险应当采取对抗措施加以限制，这些措施对所涉及的个人能带来超过代价的净利益。

要达到这一目的，可以把采取某种对抗措施后所减少的个人剂量（因而也就是所减少的个人危险），同采取该项措施后所增加的个人危险进行比较。

(c) 随机效应的总发生率应当在可以合理做到的范围内，通过减小集体剂量当量来加以限制。

这种与源相关联的评价可以通过代价利益分析的技术来实行，并且在下述意义上类似于最优化程序，即在受到影响的群体中所减少的健康危害的代价与进一步采取对抗措施所付出的代价彼此相抵^[16]。

(11) 从上面的 10(a) 和 10(b) 可以清楚地看出，在决定采取对抗措施时重要的参数是个人剂量的水平。对 10(c) 来说，虽然合适的主要参数是集体剂量当量负担，但是由事故导致的集体剂量当量负担的主要部分是在远距离、以较低的个人剂量水平积累起来的，要避免这种剂量也许实际上是难于做到的。

(12) 要决定在已经实行对抗措施的污染区域能不能允许恢复正常的生活情况，就必须确定今后将要受到的个人剂

量是否达到可接受的水平。这种决定部分地取决于最优化研究的结果，例如使用上述 10(c)所指出的代价与利益的分析。对于这种最优化运算的主要输入数据，一方面是减少个人剂量而进行迁避 (relocation) 和去污所付出的代价，另一方面是对抗措施所涉及的那部分群体的健康危害的代价，如果没有经过去污或者等待可以减少污染水平的自然现象，就恢复正常生活的话。

C. 事故时间阶段的区分

(13) 为了避免或减少照射所致的危险，需要采取各种不同的对抗措施，它们将取决于哪些器官或组织容易受到照射，预测的剂量水平，以及容易产生照射的途径。这些措施的细节随每一起的事故而异，取决于核设施及其设计的特点。然而，为了拟订应急计划而建立总的辐射防护原则，似乎一致地认为讨论这些问题最方便的办法是区分一切事故所共有的在进程上的三个时间阶段，它们可以称为早期阶段，中期阶段和恢复期阶段。

(14) 时间阶段的区分是很有用的，因为在每一阶段的照射途径不同，这些差别就要求采取不同的对抗措施。另外，引起关注的问题在每一阶段也有所不同。由于这些缘故，需要依次考虑各个阶段，并且判明使公众受到照射的途径。

早 期 阶 段

(15) 事故的早期阶段可以认为由二个时期组成：

(a) 存在着重大放射性物质外泄威胁的时期，亦即从开始认识到厂址以外的公众有可能受到照射的时候开始，到大量放射性物质外泄，或者工厂已受到控制的时候为止；

(b) 外泄开始后的最初几小时。

对核电站来说，从事故进程起始到放射性核素开始泄入大气相隔的时间一般认为在半小时至一天或一天以上的范围内^[2]，然而对其他类型的核设施也许适用较短一些的时间尺度。外泄过程持续的时间可以短至半小时，长至几天或更多天，随具体情况而定。

(16) 这二个时期可以合并为单一的早期阶段，因为在二种情况下为了尽量减小公众的剂量而拟订的决策大概都是根据事先判定的事故发生的顺序和工厂的情况。在早期阶段作出对抗措施的决策时所遇到的最大困难在于需要预测事故今后的进程和气象的变化。所以，问题是要从尚待发生的情况来估计可能给出的剂量，并且从对抗措施来估计可能减小的剂量。因此，应急计划应当包括着手采取对抗措施需要经过的一些程序，这些程序的根据是关于工厂情况和实测的放射性物质外泄的情报，其中要考虑到现有的和外测的气象条件。在这个阶段可以获得环境监测的初步结果，这将有助于作出采取对抗措施的决策，尽管在这阶段对未来发展的预测仍然没有把握。在早期阶段需要考虑的照射途径是：

(a) 外照射，直接来自工厂本身，或来源于气载烟羽中的物质所发出的辐射，来源于从烟羽沉积到地面上的物质所发出的辐射，以及来源于从烟羽沉积到皮肤或衣服上的放射性物质的污染；

(b) 内照射，由吸入烟羽中的放射性物质而造成。

中 期 阶 段

(17) 中期阶段包括从事故开始后的最初几小时到几天为止。一般假定，从核设施可能外泄到大气中去的全部物质已有大部分释放完毕，并且，除非释出物主要是惰性气体，大概已有相当多的放射性物质沉积在地面上。假如事故特别严重，高水平的地面沉积延伸到厂址以外相当远的地方，那么，中期阶段可能在时间上延长，实行对抗措施的范围比详细的应急计划中规定的为大，包括较远的地方和较大的群体在内。另外，对于在若干类型的核设施中发生的某些比较轻微的事故，失去控制的放射性物质的外泄可能延长到许多天，在这场合下中期阶段的时间也可能延长。在中期阶段，最重要的照射途径是：

(a) 外照射，主要起源于沉积到地面上的放射性物质，虽然对某些导致较长外泄时间的事故，将会有直接来自烟羽的 γ 辐射；

(b) 内照射，主要由于食入直接受到污染的水或食物，或食入来自污染地区的乳类等农产品。吸入的机会较少，然而如果沉积在地面上的放射性物质有相当多的数量重新悬浮在空气中，那么也应当考虑吸入。如果外泄过程历时较长，也会发生吸入烟羽中的物质。

(18) 在中期阶段，应该已经有环境监测的结果可供利用，以决定采取适用的对抗措施。在中期阶段包括的时期

内，应急计划应该能够作出安排，成立一个专家咨询小组，其中包括当地的和国家的主管部门的代表，对控制公众成员今后所受的照射提出建议。应急计划应当对这个小组的人员组成预先作出考虑，并且对于在这阶段中如何获取环境数据和如何实施对抗措施应当事先给出大概的指导。这个专家小组应当起着如下一些作用：核实环境监测数据的评价，协助起草通告公众用的关于厂址以外后果的资料，万一出现没有预见到的情况时提出保护公众的建议。应当把工厂情况的发展随时告知这个小组。

恢复期阶段

(19) 在恢复期阶段要作出关于恢复正常生活的决定，这个阶段也许要延续较长的时间。它并不包括修理工厂的时期。这个阶段中的目标是要撤消在早期和中期阶段已经采取的对抗措施。也许需要采取一些措施来减少建有房屋的地区和农业地区的污染。主要的照射途径与中期阶段相似：

(a) 外照射，来源于留存在地面、道路、建筑物等上面的放射性物质；

(b) 内照射，来源于食入受到污染的食物或来自污染区的农产品，或吸入重新悬浮在空气中的物质。

撤消对抗措施的根据是放射性污染已经由于放射性衰变、风雨剥蚀、和有计划的去污行动的连合作用而充分地减少。这些过程不是互相排斥的，如果合适，可以合并利用。在恢复期阶段制定决策，需要若干社会的、经济的和技术的输入数据。

D. 在事故中有意义的生物效应

(20) 在核设施的事故中关心的生物学问题取决于泄出的放射性核素的组分和数量。辐射的有害效应分为躯体的和遗传的两种。躯体效应显现在受照射个人本身，遗传效应显现在他的后裔。躯体效应可以是随机性的或非随机性的。非随机性效应可以在受到高水平辐射照射之后不久就发生，这种效应的严重程度随剂量而变化，但存在着阈剂量。随机性效应一般是在照射后的远期出现，这种效应的发生几率（而不是其严重程度）被认为是剂量的函数，不存在阈剂量。

非随机性效应

个人受照后的近期效应

(21) 在任何器官或组织中接受足够高的剂量，可以诱发非随机性效应。这里的讨论限于已经知道在核设施事故性外泄事件中最易受到危险的那些器官和组织中的效应。足够高剂量的全身照射会引起呕吐，而且在更高的剂量水平还会由于骨髓细胞的耗竭而导致早期死亡。吸入大量放射性物质将对肺脏产生急性高剂量，导致肺功能的永久性损害甚至早期死亡。对胃肠道的严重照射可以导致早期死亡，但就核事故来说，骨髓受照大概是更重要的限制因素。某些器官或组织接受高剂量后可以产生非致死性效应。这类效应包括甲状腺机能减退（在某些类型的事故中甲状腺剂量高于其他器官的剂量），生育力降低，皮肤损伤和白内障。

剂量响应关系和剂量学上的量 (dosimetric quantity)

(22) 一般说来, 非随机性效应的剂量响应关系是 S 形的, 并呈现阈值。它们可以用中位剂量表征, 即在这种剂量下可以期望在受照群体中有 50% 的人显现这种效应, 另外可用曲线在中位剂量处的斜率表征, 两者都随所考虑的终点而变化。通常引述的剂量响应关系是针对急性照射的, 延长照射时间预期将增加这种效应的中位剂量。把剂量水平限制到非随机性效应的有关的阈剂量以下, 就可以满足第 10(a) 段申述的原则, 所以在附录 A 中选录了一些数据, 在所指出的这些剂量水平以下不致发生这类效应。

(23) 对于低传能线密度 (LET) 的辐射, 吸收剂量这个剂量学上的量适用于估计非随机性效应的发生。在涉及到 α 放射性物质的外泄事故中, 单纯使用吸收剂量这个量本身来评价危险是不够的。吸收剂量应当乘上一个因子, 以计及急性 α 照射在常见的剂量范围内和效应类型下的相对生物有效程度。在表 C 1 中给出了某些指导。

随机性效应

照射的远期效应

(24) 可能发生的随机性效应是远期的躯体效应和遗传效应。主要的远期躯体效应是在受照射群体中致死性和非致死性癌的发生率增高, 在受照之后这些癌的出现时间可以分散在数十年间。此外, 非致死性癌会引起与此有关的身体或心理上的影响, 可以显著地损害生活的幸福。群体中具有生育能力的成员的性腺受到照射后还会发生随机性遗传效应。

剂量响应关系和剂量学上的量