

# 核与辐射安全：应急响应的准则

已制定了国际级标准为有关核或放射学紧急事件后的  
保护性行动决策提供指导

Malcolm  
Crick

**最**近一些年发生的涉及放射性物质的事故，已给一般公众带来一定的健康影响。这些事故有大有小：大到1986年切尔诺贝利核电站发生的严重事故，小到医用和工业用放射源的事故性散失。

国家之间对这些事故的响应各不相同。事情后来比较清楚，即当时采取的一些保护性行动，一些最极端情况下，没能改善事故涉及到的人们的福利及其所处的环境，反而使其恶化。在其它情况下，这些行动造成国家资源的大量耗费而没有成效。此外，在事故涉及对国界两边居民的照射的地方，国界两边国家作出互相矛盾的响应的例子也屡见不鲜。

过去十年在下述两个方面取得了很大进展：制定国际认可的可用来指导人们在涉及放射性物质的事故发生后就保护措施作出决定的原则，及提供适用这些原则的定量准则。这其中包含了IAEA、国际放射防护委员会(ICRP)、世界卫生组织(WHO)、粮农组织(FAO)、欧共体委员会(CEC)，以及经济合作与发展组织核能机构(OECD/NEA)的共同努力。

本文概述为响应核事故或放射性紧急情况而制定的那些辐射防护标准的制定准则和确定干预水平应遵循的原则。制定这方面的准则的目的，在于协助国家和地区机构及核设施中负责应急响应计划的工作人员。

## 达成国际共识

1985年，机构出版了《安全丛书 No. 72》。该书为提出在核事故或放射性紧急事件情况下为保护公众确定干预水平时应遵循的原则，制定了准则。这个准则旨在帮助国家或地区负责应急响应计划的主管者确定有必要采取相应保护性措施的预计剂量的水平。准则认识到，需要有一些容易拿来与环境物质和食品测量结果相比较的实用量即所谓导出干预水平(DIL)。1986年的切尔诺贝利核电站事故发生后不久，机构出版了《安全丛书 No. 81》。书中涉及确定DIL所需的原则、程序和数据。同时，也给出了确定有关支持性数字数据和说明性DIL在其内可能具有更普遍的用途的范围时应遵循的准则。

此外，在过去十年中，ICRP印发了辐射防护的新建议；FAO/WHO食品规范委员会出版了关于进入国际贸易食品中的放射性核素水平的细则；WHO印发了关于保护公众的导出干预水平的建议；以及国际切尔诺贝利项目提出了若干重要的建议。

1991年，IAEA对其《安全丛书 No. 72》进行了修订，以阐明干预方面的准则，并就如何在应急计划中确定干预水平作了举例。它差一点就可提供会有某种普遍用途的数值干预水平。

对切尔诺贝利事故的应急响应突出说明，有必要在国际一级建立一套简明一致的干预水平。人们认为这样一套数值对于增加公众对负责处理事故后果的管理部门的信

Crick 先生是 IAEA 核安全司辐射与废物安全处工作人员

任是必要的。此外,鉴于许多国家本身没有核设施以及详细的应急计划,一套简明的、国际商定的标准可以帮助这些国家应付万一发生的跨国界的放射性释放。

在就这些通用干预水平的数值达成国际共识的过程中,IAEA召开了若干次技术会议。这些工作促成了1993年《安全丛书No. 109》即《核或辐射紧急事故的干预标准》的编写。这份安全导则于1994出版,体现了在干预原则和一般干预水平的数值上达成的国际共识。这些原则和数值后来成为《电离辐射防护和放射源安全基本安全标准》中的干预准则的基础。该书已由IAEA、FAO、ILO、NEA、PAHO和WHO联合出版。

### 准则概述

**辐射对健康的瞬发效应和远期效应。**就对健康的许多瞬发(或确定性)效应来说,其严重程度与个人的剂量水平有关,并且有一个实际的阈值辐射剂量,低于该剂量,则临床上观察不到效应。在瞬时照射全身的剂量大于1戈瑞(Gy)时,最严重的后果是造成死亡,这可能发生在敏感的个人中,死亡原因是骨髓衰竭。严重的瞬发效应也可能在其它器官产生。这些器官的大多数阈值剂量高于骨髓衰竭的阈值剂量,因此如果照射全身的剂量低于1戈瑞,严重的瞬发效应是可以避免的。不过,个别器官如甲状腺和肺,可能由于呼吸或吞咽某些放射性核素而接受了较高的剂量,须另加考虑。

远期(或随机)效应包括大范围的癌症和遗传效应,其发生概率(而不是严重程度)随着剂量的增加而增加。这些效应通常在照射后多年才出现,而且,尽管并不是在每一个受辐照的个体身上都发生,但是没有诱发阈值。由于在剂量与发生这些效应的概率之间有假定的线性(正比)关系,因而可以估计在大量受辐照群体中发生这些效应的预计数量,即使对大多数个体来说,发生效应的几率也很小。由于其它原因(大多数尚未确定)也能导致相同的效应,所以通常情况下要确定由辐射引起的那些效应将是不可能

的。

一般来讲,即使一起严重事故也是只使少数人受到高剂量辐照,多数人受到小剂量辐照。大多数癌症和遗传效应将发生在接受小剂量辐照的大量群体中。这些效应通常不能完全避免,而干预的目标将是尽可能合理地大大减少发生的数量。

**照射路径和剂量预测值。**尽管向空气、水或陆地中的事故释放均可能发生,但最可能需要采取紧急保护行动的事故释放主要是向空气中的释放。发生这种释放后,居民可能会受到来自大气中放射性云的辐射照射或通过吸入来自放射性云的放射性微尘而受到照射。当放射性云扩散时,粒子将缓慢地沉降到地表或通过降水迅速沉降下来。之后,人们可能受到来自这些沉降物、吸入的再悬浮微尘或受污染的食品或水的辐射的影响。

事故期间,通常将由合格的专业人员来评估群体接受的潜在辐射剂量。不过,在早期阶段,有很多不确定因素(如,释放的放射性材料的数量和速率中的以及气象条件中的不确定因素)。由于这类因素以及使用简单的数学模型以尽早获得有用结果的需要,在前期的剂量评估中有很大的不确定性。

决策者们必须意识到这种情况,并确保他们的专家顾问在预计剂量的早期评估中提供不确定性的表述。他们不应仅仅依赖“最可能”的估计值(这样做可能会导致对群体具有严重影响的错误结论),并且必须在做出关于紧急保护行动的合适决定时考虑这些不确定因素。以后,随着这种情况越来越明朗,在更牢靠地掌握预定剂量之后,将有可能改进并着手实施保护行动。

**正常情况和紧急情况。**在正常情况下,来自人造辐射源(例如,核动力或医疗应用)的辐射剂量可控制在规定的水平之内。它们远低于促使人们需要采取保护行动的水平;一般说来,它们与当地天然本底辐射剂量的变化相近。它们是通过辐射源实施控制而达到的,不要求对公众施加直接限制。

一旦发生事故,释放到环境中的放射性物质不再处于控制之下;只能通过保护行动

(如,撤离、隐蔽、迁避、重新安置、预防性服用碘,以及限制食品和水)来降低剂量,所有这些措施对公众的活动施加了限制。这些措施还可能引发额外风险。因此,在选择应采取保护行动的水平时,有必要考虑对公众活动进行限制造成的影响和该行动本身带来的任何额外风险。

基于以上原因,事故后要进行干预的剂量水平和正常情况下要进行剂量控制的剂量水平将是不同的,并且,避免这两种不同剂量水平的作用间的混淆也是重要的。

**保护性行动。**事故后现有可采取的保护公众的主要方案是有限的。最重要的有:

早期或紧急响应方案:1)隐蔽,劝告居民躲在室内并关闭门窗,通常不到一天;2)撤离,让居民从规定区域内紧急撤出,大约数天时间;以及3)预防性服用碘,如果已经出现或预期将出现过量摄入放射性碘的情况。

响应后期方案:1)将居民临时性地安置在新的居住区,通常不超过1~2年;2)在可预见的未来一段时期内,将居民永久性地安置在新建或已有的住宅区;以及3)对污染超过规定水平的食品和水进行监控。

## 干预的原则及水平

国际社会已一致同意以三条原则作为干预行动的通用基准。这三条原则可概述如下:1)应优先采取避免发生严重瞬发健康效应的干预行动。2)应实施避免发生远期健康效应的保护行动,条件是这些行动将在受影响的居民中产生利大于弊的结果;以及3)应在对居民产生最大纯好处的水平上采用和取消这些行动。

第一条原则对于响应产生高剂量的事故是至关重要的。它意味着对个人的任何直接威胁均应通过优先选择撤离(或极少情况下隐蔽)(以及适当时服用碘预防剂)方案来消除,并在直接可利用资源的最大范围内予以实施。可能在极少数情况下,满足第一条原则采取撤离方案时是不适宜的,因为它可能造成更大的损害(例如,撤出那些依赖生

命支持系统的人或在发生严重性差不多的灾难情况下撤出居民)。

将远期健康效应降至最低的干预水平是以第二条和第三条原则为基础的。在应用这些原则时,“利”、“弊”和“好处”这些术语除了健康、安全和保护行动的有形代价以外还包括对社会价值的再保证、强调和关注等不可量化的因素。这些不在辐射防护专家的基本职业权限之内,而更恰当地说是决策者们的职责。他或她在做出将对受影响居民产生最大好处的决定时,除考虑辐射防护建议所涉及的因素外,还会选择考虑这些因素。

此外,第二和第三条原则所针对的仅是居民整体中的远期效应的风险。这意味着它们没有明确限制个人风险。对即使是几个人造成的明显高于远期效应正常风险的风险,也许是国家决策中的一个重要因素。基于此因,主管部门或许选择可避免不可接受的高个人风险的一种行动水平。在此水平上的干预是否总是可行将取决于事故的严重程度和性质以及由该国支配的资源。在《安全丛书 No. 109》中导出通用干预水平时,没有考虑这类行动水平,这类行动水平或许导致较低的干预值,尤其是在响应后期采取的保护行动的情况下。

**及早或紧急响应的保护性行动。**这类行动须迅速实施,才能有效。拖延可能导致居民接受本可避免的剂量,并且最糟糕时,可能导致瞬发的健康效应。当机立断是困难的,因为及早通报有关事故的信息通常极为有限,并且关于其后果有很大的不确定性。因此,只要有可能,应执行预先计划,以便在设施条件和预先安排的响应方案的基础上,而不是在事故初期所进行的测量结果和草草组织的行动的基础上迅速作出决定。对于已充分了解其特性的固定设施,响应计划应当在设施条件的基础上而不是依靠通过在设施内或场外的测量结果确认实际释放情况规定行动,以便实施紧急保护行动,无论何时只要这样做合理可行。

**隐蔽**意味着呆在建筑物内以减少大气污染物和表面沉降物的照射,以及关闭门窗及通风系统以减少吸入来自外界空气的放

应急响应情况下的  
通用干预水平

<b>紧急保护行动</b>		
行动	可避免的剂量(通用干预水平)	
隐蔽	在不到 2 天的时间内 10 mSv	
碘预防剂	100 mGy(甲状腺待积吸收剂量)	
撤离	在不到 1 周的时间内 50 mSv	
<b>用于食品通用行动水平</b>		
(摘自食品规范委员会就事故污染后 进入国际贸易食品中的放射性核素规定的行动水平)		
放射性核素	预定普遍消费 的食品(kBq/kg)	牛奶、婴儿食品 和饮用水(kBq/kg)
铯-134, 铯-137, 铷-103, 铷-106, 铯-89	1	1
碘-131		0.1
铯-90	0.1	
钚-241, 钚-238, 钚-239	0.01	0.001
<b>长期行动</b>		
行动	可避免的剂量(通用干预水平)	
开始临时迁避	1 个月 30 mSv	
中止临时迁避	1 个月 10 mSv	
考虑永久迁居	1 生中 1 Sv	

放射性物质。隐蔽还能有助于撤离的逐步进行和碘的预防性服用。由于代价小,在低剂量水平下,隐蔽可以被认为是合理的。不过,对于大多数构筑物(通常在数小时内降低气载粒子引起的剂量的 2—3 倍)而言,其有效性随时间而迅速降低,而对于轻质或空气交换率较高的构筑物,其有效性偏低。再者,居民们呆在室内而没有不良并发症的时间是有限的。

隐蔽的通用干预水平是 10 mSv,这一数值是根据隐蔽的最长预期时间(2 天)而选定的。在较低水平下隐蔽较短时间或为便利其它保护性行动时,建议采取隐蔽方案。

如果照射持续的时间短,且建筑物结构致密、密封良好,那么隐蔽方案是有效的,如在有些北欧国家。不过,在很多气候温暖的 国家,大多数房屋是用轻质材料建造的,人

们不可能在被密封的室内呆得太久。在隐蔽和撤离这两个保护性行动之间作出抉择时,应考虑这些因素。

撤离就是让居民从其平常的住所中紧急撤出一段时间。采用撤离方案应根据以通过撤离可以避免而通过隐蔽不能避免的剂量。撤离的通用干预水平是 50 mSv,这一数值根据撤离的最大预期时间(7 天)而选定的。在较低剂量水平下隐蔽较短时间或易于实施撤离时(如对于少量居民)可采用撤离方案。在例外情况下(如危害性气候或发生的严重性差不多的灾难)或撤离工作特别困难的地方(大量居民或缺乏充足的运输工具),迅速撤离的着手实施可能要推迟到较高的干预水平。

在实际放射性释放发生之前以及超过该水平的预定剂量有相对高的发生概率的

情况下,通常将建议采用预防性的撤离方案。作为一种保护性行动的撤离方案通常在居民受到其它人工危害物(如火或化学溢出物)或自然力(如飓风、龙卷风、地震或洪水)的威胁时采用。在多数情况下,如果居民的住所不需要较长时间的清理,他们可在短期(通常一至两天)内返回。由于所涉及的时间短,一般在学校或其它公共建筑物内暂居。

**碘的预防性服用**是配给稳定性(非放射性)碘,以便阻止甲状腺摄取放射性碘。碘的服用须即时实施才能有效(理想情况是在照射前数小时或照射后不迟于几小时内服用)。因此,这一保护性措施只有当应急计划已包括向处于风险中的居民预先发放稳定性碘时,通常才最实用。这一保护性措施往往同撤离或躲蔽结合起来采用。预防性服用碘的通用干预水平是100 mGy。该水平适用于甲状腺摄取放射性碘所接受的剂量。由于可能存在一些取决于地方饮食和其它因素的并发症,公众健康管理机构应参与该措施的实施。

**响应后期的保护性行动。**隐蔽与撤离均为短期的保护性措施。如果测量结果证明剂量很高,采取进一步的行动是正确的,那么临时迁避或永久定居,以及食物与水的控制可能是必要的。

对于及早采取保护性行动来说,如果根据对事故将如何发展的大概预测而尽快采取行动那么是有可能得到最大的好处的。对于长期保护性行动来说,通常情况下为获得对预计剂量的准确测量结果而进行的延迟所付出的放射学健康代价要相当小。再者,由于长期保护性行动可能是有效的,草率决定可能造成很大的社会和经济代价。根据不同方案的后果的最佳估计,尽可能以通报的方式贯彻执行实施这些保护性行动的决定是重要的。

**临时迁避**意味着居民有组织地撤出一段不长的时间(例如数月),以避免接受沉降到地面的放射性物质(包括重悬浮物质)中的剂量以及某些情况下当地食物或水中的剂量。居民一般被安置在舒适与清静程度合理低的标准临时住所内。实施和中止临时

迁避的干预水平分别为月剂量30 mSv和10 mSv;也就是说,如果下个月可避免剂量预期将高于30 mSv,居民应临时迁避。当可避免剂量在月内降到10 mSv以下时,居民可返回。不过,如果预期在1—2年内,月累积剂量不会降至低于该水平,则居民应永久迁居。规定两个水平量值是因为开始迁避与维持迁避相比代价相对较高。同时,规定居住在临时住所内的合理时间也是必要的。

**永久迁居**意味着居民完全撤出居住区,至少数年内无望迁回。通常将居民安置在与其撤离的房间差不多的住所内。这可能涉及新房屋和基础设施的建造。永久迁居的通用干预水平为一生中1 Sv或每月剂量超过10 mSv,且持续1、2年以上(亦即该剂量在1年或2年内不允许人们从临时迁避处返回)。应当承认的是,低于撤离干预水平或中止临时迁避的干预水平的预计剂量,也可能在一生中高到使永久迁居是有必要的程度(即超过1 Sv)。

**食品与水的控制**在以下3种场合可能必须予以考虑:可获得替代供给的场合;缺乏替代供给的场合;及食品涉及国际贸易的场合。在可获得食品替代供给的场合,供各国主管部门使用的通用行动水平已经确定。(见表。)这些剂量值取决于食品的种类和污染性放射性核素的类型。所提及的放射性核素是指那些在事故后最可能令人担忧的食品中的核素。

在广泛限制食品供给可能导致营养缺乏甚至饥饿的情况下,需要进行逐例评估。在大多数此类情况下,将必须实施迁避,以及供给替代食品。不过,当不可能做到时,必须与严重性差不多的健康危害进行比较,现实地考虑辐射危害,并按惯例采用较高的行动水平。

在任何可能污染食品的事件发生后,在生产和销售的各个阶段可能要制定各种防范措施。这些措施应加以实施以确保在切实可行的最大程度上保持食品中的放射性低于行动水平。食品制定的通用行动水平,也要满足未受事故影响的国家内消费的国际贸易食品的销售要求。□