

ICRP

国际放射防护委员会第 96 号出版物

在放射攻击事件中 人员辐射照射的防护



原子能出版社

图字:01-2006-0585 号

图书在版编目(CIP)数据

在放射攻击事件中人员辐射照射的防护/国际放射防护委员会著;潘自强等译.
—北京:原子能出版社,2005.12

ISBN 7-5022-3546-9

书名原文:Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack

I. 在… II. ①国… ②潘… III. 辐射防护 IV. TL7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 153318 号

在放射攻击事件中人员辐射照射的防护

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100037)

原书编辑 J. Valentin

责任编辑 孙凤春

责任校对 冯莲凤

责任印制 丁怀兰

印 刷 保定市印刷厂

开 本 850mm×1168mm 1/32

印 张 4.25

字 数 112 千字

版 次 2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5022-3546-9

经 销 全国新华书店

印 数 1—1 000

定 价 20.00 元

版权所有 侵权必究

网址:<http://www.aep.com.cn>

前 言

在2001年“9·11”事件后,对使用放射性物质的恶意行动的担心在世界范围内增加了。公众成员、传媒和政界代表均关心可能恶意使用包含放射性物质的源和装置(例如:在社区散布放射性物质,威胁公众健康和居民福利)、蓄意攻击核设施的可能性(恶毒目的是可能引起放射性物质无控制的释放)以及核武器材料的可能转移及并用于临时装配的核装置中。这些被称为“放射攻击”可能性的推测已经导致对专门领域的广泛要求,不仅意在防止攻击现有辐射和核保安措施,而且还包括如果真的发生这种事件时的放射性防护措施。已经认识到为了应对攻击的后果,现行的放射应急计划可能是不充分的;因为现有计划主要是应对通常能够预计的事故情景,而不是应对蓄意设计的尽量造成尽可能大的伤亡、焦虑和恐惧的预谋恶意事件。

为了适应上述的要求,国际放射防护委员会(ICRP,在本文中以后简称委员会)在2003年维也纳举行的例会上决定设立一个任务组,制定一份有关在放射攻击后人员辐射照射防护建议的报告。在编制报告中,任务组的主要目的是汇集在这样恶意事件中可以采用的有关放射防护可行的建议,以及提供为了应对这类事件可能必需的附加措施指南。任务组考虑,但不是评价,潜在的或可能的放射攻击的可能威胁情景。假设导致放射攻击的保安缺陷可能确实存在,据此,可按照委员会的建议提出如何采取干预行动的意见以达到保护响应人员和公众的目的。

委员会的作用和这份报告的目的均不是为了提供在放射攻击中解决管理当局可能面临困难问题的通用药方。报告中的建议是一般性的,可能需要根据主要的社会和政治环境以及这类事件可能发生时的时间和地点的资源的可用性进行修改。这个报告假设管理当局

对攻击引起的可能放射应急管理负有主要责任,其建议是建立在多年发展起来的放射应急的应急准备和响应的现有概念和程序基础上的。需要强调的是用于这种应急的所有应急计划必须保持相当的灵活性,因为随着应急性质和类型的不同,要求响应的规模和类型可能有很大的变化。

为了编制这一报告,任务组在2003年10月10日到12日在瑞典斯德哥尔摩瑞典辐射防护局总部和在2004年4月20日到22日在奥地利维也纳国际原子能机构召开了会议。委员会希望表示感谢这些机构对主办这两个会议的支持。

任务组的成员包括:

A. J. González (主席)	R. H. Clarke	R. Cox
L. -E. Holm	F. A. Mettler, Jr.	C. Streffer

A. Sugier

通讯成员是:

C. Conklin	D. A. Cool	M. Crick
------------	------------	----------

J. Wheatley

委员会于2004年4月在维也纳举行的会议上,同意在ICRP网站上公布征求意见的任务组报告草稿的内容。报告在2004年5月17日在网站上公布后收到了职业界的许多意见。在报告草稿的进一步评议和修改时采纳和考虑了这些意见。委员会非常感谢花费时间并用自己专业知识研究草稿与提出意见的同仁们。2004年10月16日在中国苏州召开的委员会会议上,最后批准了修改后的任务组报告,报告将在ICRP年报上出版。

在这一报告编制期间,委员会的成员是:

R. H. Clarke(主席)	R. Alexakhin	J. D. Boice, Jr.
R. Cox	G. J. Dicus	A. J. González
L. -E. Holm(副主席)	F. A. Mettler, Jr.	潘自强
R. J. Pentreath	Y. Sasaki	C. Streffer

A. Sugier

科学秘书 J. Valentin

在放射攻击事件中人员辐射照射的防护

ICRP 第 96 号出版物

2004 年 10 月委员会批准

摘 要

这一报告是为了满足广泛意识到的对在放射攻击事件中采取放射防护措施的专业性建议的需求而编写的。本报告主要涉及有关“放射散布装置”的可能攻击,重新确认在这种情况下如何应用现行的 ICRP 建议,这些有的是已有的。

在放射攻击事件预期引起的应急情景的许多方面可能与放射事故可能引起的情景(这些情景是已有经验的)相类似,但是可能也有不同。例如,放射攻击可能针对公共场所,可能在城镇环境中,这些地方预期是不存在辐射的;对核或放射应急(如对核设施)通常假设的扩散条件可能是不适用的。

为了鉴别辐射和放射污染,对放射攻击的初始响应者和其他救援人员必须经过适当的培训并有相应的设备;并必须有放射防护专家提出建议。在攻击中慎重地假设包括放射、化学和(或)生物制剂,直到其被证实前。这个称为对响应的“全危害”途径。

在受到攻击后,放射防护的主要目的是必须防止产生归因于辐射照射的急性健康效应(称为“确定性”效应)和限制可能的后期健康效应(称为“随机性”效应),如癌症和某些遗传性疾病。另一个目的是尽可能减小残存的放射性环境污染和由此引起的日常生活的混

乱。本报告提醒注意:采取行动避免照射比受到照射后的医学治疗是有效得多的防护措施。

在恢复、补救和最后重建中的响应者应该遵循职业放射防护通行的国际标准,这些标准是基于 ICRP 建议的,包括在这些标准中制定的职业剂量限值的有关要求。对于被告知从事紧急抢救工作的自愿者,这些限值可以放松,对自愿的抢救生命行动不能采用这样的标准。然而对可能怀孕或哺乳的女性工作人员推荐了专门的防护措施。

在抢救阶段,保护公众的及时措施主要是抢救外伤病人和控制出入。随后的行动包括呼吸防护、人员去污、隐蔽、服碘制剂(如果有放射性碘存在)和暂时撤离。在恢复阶段,在极端情况下,人员可能需要避迁和重新定居。这种情况可能需要补救行动,包括所产生放射性废物的清除和管理、体内有显著量放射性物质的人员的管理以及残留放射性物质的管理。

有关公众保护的指南应该作为放射攻击后准备的决策支持工具,它仅应基于放射防护考虑。对于最后决策过程预期下述因素可能作为输入,其他的社会关注问题、过去教训的考虑(特别是公众对放射性污染引起的危害的认识能力)以及有关方面的参与。

放射攻击也能够引起水、食物和其他用途很广的日常用品的放射性污染。其引起的后果未必可能导致对大量人员产生明显的内污染,因为造成水、食物和其他日常用品的高水平的污染需要大量的放射性物质。尽管这样,本报告还是推荐了在这样情况下限制日常用品的放射防护准则。

本报告重申,对放射攻击的响应应预先制定计划,遵循 ICRP 推荐的放射防护最优化的通常程序,以及事先制定最优化的措施。这类计划应该是系统分析的结果,考虑当时的主要情况以及根据环境而采取的行动,在必要时可能修改。在许多可能情景下不可

能引起立即的严重辐射损伤这一点是很清楚的。因此,为了防止过分的反应,事先准备的响应措施应该针对各种可能情景的真实的预期情况。

关键词:放射扩散装置;污染;辐射防护;干预;应急计划。

客座编辑的话

在放射攻击事件中人员辐射照射的防护

随着在美国世贸中心,西班牙和日本地铁系统、大使馆、夜总会和旅店发生恐怖主义攻击之后,当局已经十分清楚对现有的原则和设想需要重新进行评价。这个报告研究现行的辐射应急计划和防护在用于恐怖事件时需要做哪些改变。

从最近的攻击中可以得出若干清楚的和特有的教训。第一是恐怖主义者有意同时策划多起事件;而以前,大多数辐射应急计划是针对单一事件的。第二是自杀情景的构想,在辐射防护中这是新的。第三是我们不能再依靠历史的因素,例如根据各种部件的缺陷概率预测可能的事件。恐怖主义者随意选择不大可能的或非预期的事件。第四是发生多种危险制剂复合在一起的恐怖事件的现实可能性。如是,单独的放射事件的计划是一种过时的概念,当局必须认识并具有应对化学、生物和放射危害复合情况的能力。

最后一点教训是应急计划不可能是静止的。计划随着应对生物和化学威胁控制设备和物质准备而发展,我们必须假设恐怖主义分子将简单地转移到另外一些想法上,我们可以预期放射威胁将增加。

关于脏弹已经描述很多了,但是这仅仅是可能采取的核恐怖的一些方式中的一种;而当恐怖事件发生时,我们本能地想知道,不一定是这种情况。在人群密集区可以散布粉末状放射性物质,恐怖主义分子只需要等待行人用脚散布,而后偶然地被发现。这种情况一定可能会引起极大的关注 and 经济损失,但不可能对公众健康产生明显的威胁。

这个报告提到的主要论点之一是照射的预防比受照射后的医学

处理要实际和有效得多。在大量放射性释放到环境中的事件中,隐蔽、食物链的控制以及在必要时撤离能够减小剂量,防护因子可到100。与此相对照,对外照射和内照射二者的现在的医学处理,残存率和剂量减小因子仅能达到2或3。对于这一点,一个主要的例外是在放射性碘释放(从反应堆或核武器)的事件中应用碘化钾。

现在,许多政府正在评价可能有用的各种药剂,并正在根据其可能的效果、法规、价格和储备的需要作出决定。对个人,特别是初始响应者,迅速的和自动的辐射剂量评价的要求也是很清楚的。

本报告也认识到公众对恐怖行动加上害怕辐射,其心理影响是巨大的。因此,给公众及时和准确的提供信息是必要的。辐射事故的经验表明,如果有几百人真正被污染,则要求作污染检查的人常常会超过10万。这种“过度的担心”可能势不可挡地造成地方资源和地方医院的浪费。

本报告包括上面讨论问题的相当详细的描述、导则和模样,这就使得读者在特定国家或地点可以开始详细研究具体情况。这个报告是一个较长过程中的第一步。读者不应认为可以把这份报告放置在书橱中一直到放射攻击发生了,然后用于查找所有的答案。

Fred A. Mettler, Jr.

目 录

前言

摘要	(I)
客座编辑的话	(IV)
行政总结	(1)
术语	(8)
1 引言.....	(18)
1.1 背景	(18)
1.2 报告的目的	(20)
1.3 预期的读者	(22)
2 情况特征.....	(23)
2.1 可能情景	(23)
2.2 特有的特征	(25)
2.3 计划	(29)
2.4 照射	(32)
2.5 初始反应	(35)
2.6 响应阶段	(37)
2.7 相互连接	(38)
3 归因于辐射照射的可能健康效应.....	(39)
3.1 生物健康效应	(39)
3.2 心理健康效应	(43)
4 响应人员的防护.....	(45)
4.1 职业防护方法	(46)
4.2 职业防护技术	(49)
5 公众的防护.....	(52)
5.1 抢救阶段(立即行动)	(52)

5.2	抢救阶段(紧急行动)	(57)
5.3	恢复阶段	(63)
5.4	重建阶段	(66)
5.5	保护公众剂量准则概要	(71)
5.6	日用品污染的控制	(72)
5.7	特殊情况	(80)
6	医学干预	(82)
6.1	医学处理基本要素	(82)
6.2	其他重要医学问题	(84)
7	沟通	(87)
附录 A	可能的情景	(89)
附录 B	医学问题	(94)
附录 C	心理问题	(110)
参考文献		(115)

行政总结

(a)这个报告意在回答当放射攻击导致辐射和放射性物质对人们产生预谋照射时应采取专业措施建议的广泛需要。其主要目的是为了在这类事件发生时保护抢救人员和受影响公众人员免受或减小可能存在的辐射照射的建议。这个报告重申委员会对这种可能情况的一贯建议的适应性。委员会希望在这个报告提出的建议基础上,有关政府间国际组织制定导则,以支持国家管理当局研究有关放射攻击的安排。

(b)本报告的建议从概念上说适应于可以想像的广泛范围的攻击。包括为了恶意目的利用放射性物质,如使用“放射散布装置”(RDD),蓄意破坏核设施引起放射性物质释放,以及在极端情况下引爆临时制作的核装置(IND)。因为已经存在有关核事故的国家的意见和建议,以及难于获取做成 IND 所需要的特殊核材料,本报告主要是讨论有关包括 RDD 的放射攻击的内容。

(c)放射攻击应急准备和应对的目的是在任意的和不可预计的辐射照射情况下保护人。在国家管理当局已有放射事故应急计划情况下,本报告的建议提供附加的或补充的导则。然而应该指出,虽然放射攻击引起的可能应急情景在许多方面可能与放射事故引起的后果是类似的,但两种类型的应急在许多方面是有差别的。一个不同是:放射攻击最可能的目标是可能位于城镇地区的公共区域,这些地区预期是不存在辐射或放射性物质的,因此,可能没有响应准备的放射防护措施。另外,对核设施应急计划通常假设的非城镇环境弥散条件可能不能用于城镇情景。辐射源的特征和它的影响可能也不同。此外,与事件恶意特征相关的特殊问题,如随后可能的刑事调查,也对应急计划和响应有影响。

(d)在计划放射攻击后的放射防护时,要求制定地方和国家水平的两个层次的适当计划。这一计划需要保证初始响应人员和抢救人

员受到适当训练,有用于鉴别辐射和放射性物质存在的适当设备,以及有能够为地方和其他相关管理当局提出意见的辐射防护专家。一旦可靠的指证表明应急面对的事实是恶意攻击,就要谨慎地假设涉及的范围包括放射、化学和(或)生物制剂,除非已得到确证是另外的情况。因此,如果存在这样的可靠的指证,则应采取全方位危险管理方法,根据普遍预防原则进行响应,并结合快速反应能力鉴别所有存在的危险。这种方法需要得到生物、化学和放射威胁及相关风险领域的负有责任的单位和专家的广泛协调与合作。

(e)放射攻击的特征是存在放射性物质。描述放射性物质的量是[放射性]活度^①。放射性物质发射辐射,其大小取决于活度的大小,辐射可以照射公众成员和来帮助他们的抢救人员。辐射可以通过体外的源施与(外照射),或通过吸入或食入或经开放的伤口或皮肤进入体内的放射性物质施与(内照射)。照射引起的可能健康后果取决于接受的辐射量、涉及的辐射类型和被照射的器官。辐射照射量用受照射个人所受辐射剂量^②量度。

(f)对大多数假设的放射攻击的情景,被照射人员的大多数所受

① 活度是用单位贝可勒尔(Bq)表示的量[虽然在过去用名词居里(Ci)表示,但现在仍然用得广泛]。1 Bq 代表一个极小的活度量(相反,1 Ci 代表一个相当大的活度量,1 Ci = 3.7×10^{10} Bq)。

② 剂量是描述辐射照射量的相关的量。任何物质(包括人体组织)接受的辐射剂量用吸收剂量一词表示,单位是戈瑞(过去的单位是拉德)。不同类型的辐射引起的辐射损伤效应是不同的,不同器官和组织对辐射照射的灵敏性是不同的。因此,吸收剂量必须考虑这种差别的权重。考虑不同类型辐射效应及不同器官和组织的辐射灵敏性加权的量分别定名为当量剂量和有效剂量,两者的度量单位均为希[沃特](过去的单位是雷姆)。用于描述组织和器官剂量的当量剂量及用于评价全身效应的有效剂量仅仅能够用于正常辐射防护目的,即只可能用于引起低概率延迟健康效应的相当低剂量情况下,不能在高剂量下正式应用。由于这些辐射防护量是不能直接测量的,检查人或测量周围环境剂量的仪器通常用相应辐射防护量近似的规定的运行量(定名为个人剂量当量和周围剂量当量)刻度,并正式用于检验是否达标。为了简化,本报告仅用当量剂量和有效剂量两个量,单位为毫希[沃特](mSv),毫希是希的分数,等于千分之一希(1 mSv 等于 100 个千分之一 rem 或 100 mrem)。

辐射剂量可能是相对较小的,可能低于自然界普遍存在的典型高本底辐射水平,即 10 mSv 量级或更低。然而,假设低辐射剂量有可能诱发某些健康效应(称为随机效应),如癌症和遗传损伤,这些效应可能在受照射后许多年表现出来。随机效应发生概率是很小的,虽然假设其概率与剂量成正比,在这样低的剂量下效应的后果可能不能察觉出来。相反,人们(可能仅仅是少数人)也可能受到高辐射剂量照射,即几千毫希量级。如果存在这样高的剂量水平,在受照射几天内将出现临床可见的健康效应(称为确定性效应),在大多数情况下通常出现灼伤和其他组织反应。确定性效应影响组织和器官的功能,其严重程度随剂量增大而增加。在严重情况下可能引起受照射人员死亡。在 RDD 放射攻击中,仅仅接近事件地方的人可能受到能够引起确定性效应的高剂量(仅在包括大量放射性活度时)。受 IND 爆炸影响的人和在某些情况下由于蓄意攻击核设施行动产生放射后果影响的人更可能受到高剂量。在表 1 中概括描述了不同辐射剂量的效应和可观察到的可能后果。

表 1 辐射引起的健康效应概述

预期剂量	效 应	后 果
很低剂量: 约 10 mSv(有效剂量)或更小	无急性效应,附加癌症危险 极小	甚至在涉及大人群时,可能也不能察觉癌症发生率增加
低剂量: 接近 100 mSv(有效剂量)	无急性效应,附加癌症危险 小于 1%	如果受照人群大(可能大于 10 万),可能观察到癌症发生率增加
中度剂量: 接近 1 000 mSv(急性全身剂量)	恶心、可能呕吐、中度骨髓 抑制,随后附加的癌症危险 约 10%	如果受照人群大于几百人,可能观察到癌症发生率增加
高剂量: 1 000 mSv(急性全身剂量)	恶心,可能发生骨髓综合 症;受到 4 000 mSv 急性全 身照射,若不进行医学治 疗,死亡危险大。有明显的 附加癌症危险	观察到癌症发生率增加

(g)在放射攻击后,照射途径、防护行动和响应阶段之间的关系将视具体情况而变化。照射途径包括源或其碎片或被破坏装置的直接照射、沉降污染物及被污染皮肤和衣服产生的外照射、弥散放射性物质的烟羽、吸入再悬浮物质、意外吸入污染物和食入被污染食物及水产生的外照射和内照射。响应阶段通常分为抢救、恢复和重建。可用的防护措施很多,对每一阶段有些特殊措施,有些在各阶段均可采用。

(h)防护措施的目的必须是防止确定性效应和限制发生随机效应的可能性。除了保护人使其免受因攻击情况而产生的意外照射外,目的还包括使环境污染和一般干扰的总的的影响减到最小,及努力尽快恢复正常。响应必须着重于鉴别和描绘应急状况,为受伤人员提供医疗服务,努力避免受到进一步照射,努力控制事态,防止放射性物质的扩散,为公众提供精确、及时的信息和组织恢复正常秩序,而这时心理社会问题,如紧张、误归因和惧怕疾病,将是主要关心的。在响应阶段中期,通常采用的与爆炸相关的排除距离对控制现场的辐射水平是一个好的起点;对于处理可能被放射物质污染人员的起点,传染性原体医学装置的典型预防措施是足够的。应该强调的是采取避免照射的行动比受到照射后的可能医学治疗要有效得多。受照射后的治疗可能使健康效应的大小仅降低几倍(约 2 到 3 倍);比较而言,为了避免照射的防护行动的干预可能减小健康效应的大小可达几个数量级的幅度(约 10 到 1 000 倍)。

(i)承担恢复和重建工作的响应人员应当按照正常职业放射防护标准防护,不应超过国际上接受的职业剂量限值。对承担紧急抢救工作的熟练的志愿者可以放松限值,这一限值也不能用于当对其他人的利益明确地高于抢救者自己的危险时的志愿抢救生命的行动。然而因为对可能怀孕或给婴儿喂奶的女工作人员推荐了专门的防护措施,考虑到在放射攻击事件中有关的早期响应措施的不可避免的不确定性,在这种情况下不应雇用女工作人员作为承担生命抢救或其他紧急行动的初始响应者。表 2 列出了推荐的限制响应者职

业照射的剂量指南。

表 2 职业照射指南

应急工作类型		剂量指南值
抢救 救 工 作	抢救生命行动	原则上不推荐剂量限值,如果有仅仅是对其他人的利益明确高于抢救者自己的危险
	其他及时的和紧急的行动	为了避免任何其他的确定性效应,应作一切合理的努力,使剂量保持在最大年剂量限值的 2 倍以下(见下面)
包括恢复和重建在内的其他工作		采用正常职业照射限值,即 • 每年有效剂量限值为 20 mSv,在 5 年内平均(即在 5 年中为 100 mSv) 对任一年中进一步的规定是: • 有效剂量不超过 50 mSv • 剂量当量不超过 - 对眼晶体 150 mSv - 对皮肤 500 mSv(皮肤最高受照区域 1 cm² 范围的平均剂量) - 对手和足 500 mSv

* 对于可能导致所受剂量超过职业照射限值的情况,工作人员应该是自愿的,并应告知有关辐射危害,允许其作出理性的决定。可能怀孕或哺乳的女工作人员不应参加这类工作。

(j)在抢救方面保护公众的及时措施主要是处理外伤病人和控制现场入口,随后为受影响人员提供呼吸防护措施,以及在需要和可行时,尽量减小放射性物质污染的可能扩散。随着对受影响人员所受大致剂量和心理状况的快速评价,应按其情况对人员进行分类和处理。在这方面随后的紧急行动包括:个人去污、隐蔽、碘预防(如果存在放射性碘)和临时撤离。在恢复阶段,在极端情况下,可能需要迁移和重新定居。这类措施中的每一项均会带来一定程度的相关痛苦,如果大致按照表 3 所列水平采取相应措施减小受影响居民的可

避免剂量,通常应能提供最大利益。

表 3 推荐采取措施的可避免剂量

措 施	可避免剂量
	(措施通常是最优化的)
隐蔽	在 2 天内约 10 mSv(有效剂量)
临时避移	在 1 周内约 50 mSv(有效剂量)
碘预防(如果有放射性碘存在)	约 100 mSv(对甲状腺的当量剂量)
重新定居	约 1 000 mSv 或第一年约 100 mSv(有效剂量)

(k)恢复阶段可能要求修复和清除,这些工作留下来的放射性废物的安全管理,包含有相当数量放射性物质的尸体的管理以及处理由于存在放射性残留物引起的长期持续照射。表 4 列出了在后一情况下,推荐判断辐射防护干预措施正当性的通用准则。

表 4 在持续照射情况下,推荐的通用干预准则

干 预	准则[现存的年有效剂量/(mSv · a ⁻¹)]
几乎常常正当的	接近 100
可能是正当的	≥10
不可能是正当的	≤10

来源:ICRP(1999,图 6)

(l)因为像当量剂量和有效剂量这样的量是不能直接测量的,所以在前面两个表中给出的定量推荐值常常是不能直接应用的。这些量应用作制定(在计划阶段)直接用测量表述的操作干预水平的基础。推荐的指南完全是基于辐射防护的考虑,纯粹是为了帮助在放射攻击后全权管理当局作为准备的决策援助工具。这一指南希望能用作最后的和一般是广泛的决策过程的输入,这一过程可能包括其他社会关心的问题、从过去其他事件中得到的教训考虑,以及利益相