

中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所
卫生部核事故医学应急中心

技术丛书

核辐射恐怖事件 医学应对手册

主编 苏旭 刘英



人民卫生出版社

中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 技术丛书
卫生部核事故医学应急中心

核辐射恐怖事件医学 应 对 手 册

主编 苏 旭 刘 英

审稿 郭力生 王作元 耿秀生

编者 (以姓氏笔画为序)

毛秉智	王文学	白玉书	刘 英	刘长安	任天山
江 波	苏 旭	陈肖华	杨志祥	杨文峰	张良安
周启甫	郭力生	赵兰才	赵文正	姜恩海	贾廷珍
诸洪达	鲁华玉	蒋铭敏			

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

核辐射恐怖事件医学应对手册/苏旭等主编. —北京:
人民卫生出版社, 2005. 2

ISBN 7-117-06576-1

I. 核... II. 苏... III. 急性病: 放射病—急救—
手册 IV. R818-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 137139 号

核辐射恐怖事件医学应对手册

主 编: 苏旭 刘英

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

印 刷: 潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/32 印张: 5.5

字 数: 130 千字

版 次: 2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06576-1/R·6577

定 价: 18.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

序

20 世纪放射科学理论和应用技术的杰出成就在促进科学发展和人类文明进步中发挥了巨大作用，另一方面各国人民在重视核技术应用发展的同时，更加关注核武器对和平的威胁和核技术安全应用的安全问题。9.11 事件后，核辐射恐怖作为制造恐怖事件的手段之一受到各国的普遍重视。

核辐射恐怖事件是指恐怖主义分子为了达到其政治、经济、宗教、民族等的罪恶目的，通过威慑（恐吓）使用或实际使用能释放放射性物质的装置或通过威慑（恐吓）袭击或实际袭击核设施引起放射性物质的释放，导致显著数量人群的心理、社会影响或一定数量人员伤亡，从而破坏国家公务、民众生活、社会安定与经济发展等的恐怖事件。核辐射恐怖事件的形式多样，可分为核装置或脏弹爆炸、放射源或放射性物质释放、袭击核电站或其他核设施以及核武器爆炸事件。

核辐射恐怖事件应对与反对其他形式的恐怖主义一样，是一项综合性的工作，只有标本兼治，才能取得实际成效。本书在中国疾病预防控制中心的领导下，由卫生部核事故医学应急中心组织编写。编写本书的目的，在于为我国核辐射恐怖医学应对工作提供一本全面、系统、实用性较强的应用手册。全书共分四部分，即概论、核辐射恐怖事件的现场救援、放射损伤的医学处理及附录。

本书由卫生部核事故医学应急中心主任苏旭研究员和中心办公室主任刘英研究员主编，由军事医学科学院放射医学研究

院郭力生研究员、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所王作元研究员、耿秀生研究员审稿。参加编写的有：中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所苏旭研究员(第一章第一节、第三节)、赵兰才研究员(第一章第二节)、刘英研究员(第一章第五节)、任天山研究员(第二章第五节)、白玉书研究员(第三章第一节)、军事医学科学院放射医学研究所郭力生研究员(第一章第四节)、鲁华玉研究员(第一章第四节、第二章第一节、第三章第五节)、毛秉智研究员(第二章第二节、第二章第六节、第三章第二节)、陈肖华研究员(第三章第二节)、中国人民解放军307医院杨志祥主任医师(第三章第三节)、王桂林主任医师(第三章第二节)北京大学第三医院刘长安副教授(第二章第三节)、贾廷珍教授(第三章第二节)、王文学研究员(第三章第四节)、中国医学科学院放射医学研究所赵文正研究员(第二章第七节)、张良安(第三章第一节)研究员、姜恩海研究员(第三章第二节、第三章第五节)、诸洪达研究员(第三章第四节)等。

由于核辐射恐怖事件的医学应对是一个新的研究方向，经验不足，书中所述内容难免有不妥之处，恳请使用单位和读者提出宝贵意见，并给予谅解。

编 者

2004年12月

目 录

第一章 概论	1
一、核辐射恐怖事件的概念	1
二、核辐射恐怖事件的类型及后果	1
(一) 可能用于恐怖事件的放射源	1
(二) 核辐射恐怖事件的类型及危害后果	5
三、核辐射恐怖事件的特点	10
(一) 事件突发, 地点难以预定	10
(二) 事件大小、影响范围及后果有很大差异	10
(三) 事件发展迅速, 全过程呈阶段性	11
(四) 可有多种照射途径, 源项、后果及伤情复杂	13
(五) 可造成明显的社会心理影响与后果	16
(六) 应急处理的专业技术性强, 投入力量大, 持续时间长	17
四、核辐射恐怖事件的主要应对措施	17
(一) 不同核辐射恐怖事件的医学应急措施	18
(二) 核辐射恐怖事件的主要应急防护措施	20
五、核辐射恐怖事件的医学应急准备与响应	29
(一) 核辐射恐怖事件的医学应急准备	29
(二) 医学应急响应	32
第二章 核辐射恐怖事件的现场救援	40
一、伤员的现场分类	40
(一) 分类的目的和意义	40

(二) 分类的基本原则	40
(三) 分类的基本要求	41
(四) 分类的基本形式	41
(五) 放射损伤的伤类和伤情	44
(六) 在伤员分类中应注意的问题	45
二、伤员的现场救治	46
(一) 现场救治的基本原则	46
(二) 现场救治的基本任务	46
(三) 现场救治的一般实施程序及主要伤类伤员的现场救治	47
三、消除人员体表的放射性污染	50
(一) 人员体外污染的判断	50
(二) 放射性污染现场的控制	50
(三) 人体体表放射性污染的消除	51
四、对救援人员的防护	56
(一) 应急照射的剂量控制	57
(二) 个人防护装备	58
(三) 对作业现场进行辐射测量	59
五、对食物和水的监测与评价	60
(一) 对食物和水监测的重要量	60
(二) 监测的核素种类	62
(三) 核辐射恐怖事件的放射性监测	64
(四) 监测结果的评价	69
六、心理效应与应对措施	72
(一) 概述	72
(二) 心理应激损伤的特点	73
(三) 心理应激损伤的临床表现	74
(四) 影响心理损伤效应的主要因素	75
(五) 心理损伤效应的预防与治疗	77
七、病史与现场样本采集	79

(一) 受照史登记	80
(二) 事件后受照人员病状登记	81
(三) 受照人员伤情及处理	85
(四) 样本采集	85
(五) 音像资料采集	86
第三章 放射损伤的医学处理	87
一、受照人员的剂量估算	87
(一) 受照剂量估算的一般原则	87
(二) 受照剂量估算程序	88
(三) 剂量监测及对仪器的要求	89
二、外照射急性放射病的诊断和治疗	98
(一) 外照射急性放射病的诊断	98
(二) 外照射急性放射病的治疗	104
三、局部外照射放射损伤的诊断与治疗	117
(一) 定义	117
(二) 临床表现	117
(三) 诊断	120
(四) 治疗	123
四、放射性核素内污染的判断和医学处理	127
(一) 放射性核素进入机体的途径	128
(二) 放射性核素在体内的分布及主要危害	129
(三) 放射性核素的排泄	129
(四) 放射性核素内污染的判断	129
(五) 医学处理	130
五、放射复合伤的诊断和治疗	135
(一) 放射复合伤的类型	135
(二) 放射复合伤的分度	135
(三) 放射复合伤的临床特点	136

4 核辐射恐怖事件医学应对手册

(四) 放射复合伤的临床表现	138
(五) 放射复合伤的诊断	139
(六) 放射复合伤的急救和治疗	142
附录	146
附录一 术语	146
附录二 现场医学救援仪器设备	153
附录三 放射损伤防治药物	157
附录四 有关标准	161
参考文献	163

第一章 概 论

核辐射与生物、化学一样，也可成为恐怖分子采用的一种恐怖手段。核辐射恐怖事件时的应对措施涉及范围广、内容多，本手册主要介绍医学应急的对策与措施。

一、核辐射恐怖事件的概念

核辐射恐怖事件是指恐怖主义分子为了达到其政治、经济、宗教、民族等的罪恶目的，通过威慑（恐吓）使用或实际使用能释放放射性物质的装置（包括简陋的核爆炸装置和放射性物质散布装置）或通过威慑（恐吓）袭击或实际袭击核设施（包括重大的放射源辐照设施）引起放射性物质的释放，导致显著数量人群的心理、社会影响或一定数量人员伤亡，从而破坏国家公务、民众生活、社会安定与经济发展等的恐怖事件。

二、核辐射恐怖事件的类型及后果

（一）可能用于恐怖事件的放射源

1. 一般民用放射源

用于致电离辐射的任何量的放射性物质均可称为放射源。放射源一般分为密封源和非密封源两类。密封源是指密封在包壳或紧密覆盖层里的放射源，该包壳或覆盖层应具有足够的强

度,使之在设计的使用条件和正常磨损下,不会有放射性物质散失出来。不是密封的放射源都是非密封源。笼统地谈到放射源往往是指密封源。

放射源在工业、农业、医疗卫生等国民经济领域的应用日益广泛。下面列举了部分放射源的主要应用方式:

(1) 伽马辐照加工 伽马辐照加工装置是装源活度最高的应用方式, ^{60}Co 是这类应用最常使用的核素。一座装置的装源活度从370TBq(1万居里)到37PBq(百万居里)。2000年度我国用于伽马辐照加工装置的放射源总活度约为480PBq,约占全部民用放射源总活度的83%。

(2) 伽马射线无损探伤,又称为射线照相术 由于在工业设备制造中经常使用,一般又称为工业探伤。工业探伤机一般使用 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 等放射性核素。到2000年度,全国伽马射线探伤用户达到270多家,探伤机的数量约450多台。

(3) 放射诊断与治疗 核医学用核素显像的方法诊断疾病。 ^{60}Co 治疗机、伽马刀、各类后装治疗机是具有代表性的放射治疗装置, ^{60}Co 治疗机中放射源活度在37TBq(1000居里)以上,目前伽马刀安装时活度一般在222~333TBq(9000居里)之间。2000年度我国用于放射治疗装置的放射源总活度约占全部民用放射源总活度的12%。

(4) 放射性计量仪表 俗称核子计,其中包括测量重量的核子秤,测量厚度的厚度计,测量料位高度的料位计,测量水分含量的水分计等。放射性计量仪表种类繁多,使用的核素主要有 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{241}Am 等。放射性计量仪表在化工、煤炭、石油、水泥、造纸等行业应用十分广泛,数量很多,但每件仪表使用的活度较低,一般在3.7GBq(0.1居里)以下。

(5) 油田测井 在石油勘探、开采中,常使用放射源放出的射线测量地质参数,探明原油储量。 $\text{Am}-\text{Be}$ 中子源是油田测井中最常使用的放射源之一。

放射源若管理不当,有可能导致放射事故,甚至可能被恐怖分子利用,作为恐怖袭击的手段。据国际原子能机构(IAEA)和世界卫生组织(WHO)报告,1955~1999年间全世界共发生因放射源导致的重大放射事故76起,死亡46人。其中 ^{60}Co 造成的放射事故31起,死亡25人; ^{192}Ir 造成的25起,死亡9人; ^{137}Cs 造成的7起,死亡7人; ^{198}Au 等其他核素造成的13起,死亡5人。可见 ^{60}Co 、 ^{192}Ir 和 ^{137}Cs 是放射源应用中威胁人身安全的最值得关注的三种核素。

1988~1998年的11年间,我国共发生各类放射事故332起。受照人员遍及各类放射应用行业,受照总人数达966人,受照集体剂量当量为188人·Sv,造成5人死亡。332起放射事故中,超剂量照射事故57起,占事故总数的17%;放射性物质污染事故17起,占事故总数的5%;丢失放射性物质事故258起,占事故总数的78%。可见,放射源的丢失和被盜是发生频度最高的一类事故,但是丢失和被盜的多数放射源活度较小。值得注意的是,自1995年以来,随着应用放射源数量的增加,放射事故有逐年上升趋势。

放射事故不同于核辐射恐怖事件,大部分放射事故是因为管理不善或操作不当导致的责任事故。据统计,1988~1998年的11年间,我国发生的事故中责任事故约占85%。但是个别事件属刑事犯罪案件,这类案件中作案人报复对象如果是个人,则仅为导致个别人受伤的放射事件或案件,如果报复对象是社会,则有可能造成具有一定社会影响的核辐射恐怖事件。此外,在我国11年间发生的放射事故中,共丢失放射源584枚,其中256枚尚未能找回,成为所谓的“孤儿源”。少数活度较高的“孤儿源”落入恐怖分子手中,就有可能被用作制造“脏弹”的材料或直接制造核辐射恐怖事件。

2. 核电站与其他核设施

据IAEA报道,截至2002年1月1日全世界共有438座核

电机组在运行, 装机总容量达 353298MW, 占世界电力产量的比例已超过 16%。此外, 还有大量的生产放射性同位素、进行科学实验或其他用途的核设施。核反应堆是核电厂和核设施的关键部位, 也是反放射恐怖关注的重点。一般情况下, 核能发电是一种安全和清洁的能源获取途径, 中国大亚湾核电站和秦山核电站及世界上绝大多数核电站的运行记录充分证明了这一点。但是, 1986 年 4 月 26 日发生在前苏联的切尔诺贝利核事故和日本东海村核泄露等事件使人们重新审视核电与核设施的安全问题。

实践证明, 核电站也并非绝对安全, 它与反应堆类型、使用年限、安全管理水平等诸多因素有关。一旦发生事故, 造成的危害是长期的甚至是全球性的。另一方面, 核电站易成为恐怖袭击的目标。美国的 9.11 事件后, 恐怖分子不止一次声称将袭击核电站, 并且已经造成了社会恐慌。美国 2003 年 4 月 30 日在向全国 1.8 万个州和地方执法机构发出的每周通告中, 要求加强对美国 103 个核电站的安全措施, 防止恐怖袭击。一旦发生袭击事件, 将不仅仅是人员伤亡和财产损失问题, 放射性污染将在短期内难以消除。同时核电站、核设施所储存的核燃料、核材料和高放射性废物也有可能成为恐怖分子制造“脏弹”、施放放射性物质的原料。

3. 核武器

无论是战略性核武器还是战术性核武器都是一个有核国家国防力量的象征, 受到国家的严格控制, 虽然不能排除被恐怖分子走私、盗窃的可能, 但更应受到关注的是小型简易的核爆炸装置。恐怖分子从武器库盗窃核武器后, 还有运输、安置、引爆等操作过程, 武器库或核武器自身的安全装置会使恐怖分子很难得逞。有报道称, 一个非国家的组织能够制造 10kt 量级的、简陋的核武器, 设计这种简陋核武器的最小威力是 0.01kt。

4. 反放射恐怖应考虑的重点放射源项

核电站、核设施、核武器和部分民用放射源是恐怖分子用于制造恐怖事件的主要袭击目标或利用对象。其中，核电站、核设施的反应堆和部分民用放射源是反放射恐怖应考虑的重点对象。袭击核电站要比利用放射源制造核辐射恐怖事件难于实施。能够实施此类恐怖事件的是一些组织严密、武器精良并且具有专业技能的恐怖组织。民用放射源的安全和核材料的实物保安已成为反放射恐怖关注的重点。

据报道，已有数百万个放射源分布在世界各地。在我国现有在用放射源约 3.7 万多个，另有退役或报废源 1 万多个。其中大部分小型放射源应用于计量仪表，虽然数量众多，分布面广，但是因其活度较低，一般不会给人造成严重的辐射损伤，恐怖分子也难以利用此类放射源制造具有广泛影响的恐怖事件。

用于制造恐怖事件的放射源应当具备两个条件：首先放射源的活度较大，足以给人造成严重的辐射损伤；其次，放射源中放射性核素的半衰期较长，能使辐射危害长期或在一段时期持续发生作用。IAEA 认为以下应用中的放射源从安全和保安的角度值得关注：①工业辐照，即伽马辐照加工；②放射治疗；③工业射线照相，即伽马射线无损探伤；④热电发生器。

上述应用涉及到的重点关注对象有⁶⁰Co、¹³⁷Cs、⁹⁰Sr 和¹⁹²Ir 等放射性核素制成的放射源。此外，油田测井使用的 Am-Be 中子源活度一般在 700GBq(20 居里)左右，并且属长半衰期核素，也应当列入关注的对象之内。

(二) 核辐射恐怖事件的类型及危害后果

一般认为，放射恐怖袭击主要有以下形式，即攻击核电站、其他核设施或乏燃料库，使用“脏弹”，使用自制或偷盗的核武器等。

1. 爆炸核装置或放射性物质散布装置(即“脏弹”)

(1) 特征 恐怖分子实施恐怖活动的一种可能是将放射源与常规炸药混合制成“脏弹”，“脏弹”爆炸后引起区域性放射性污染，部分人受到照射，导致急性放射病，严重时造成人员死亡。非密封源也可以与常规炸药混合制成“脏弹”。即恐怖分子将普通烈性炸药与固体或液体放射性物质混合，制成爆炸装置。放出伽马、中子等高贯穿辐射的放射性物质难以防护，运输、携带、操作过程中易被高灵敏度的探测仪器测量到，恐怖分子自身也将受到辐射，因此这类放射性物质被采用的可能性较小。可能被采用的是具有低贯穿辐射的放射性物质，这类放射性物质在运输、携带、操作过程中容易逃过监管部门的监视，恐怖分子只要具备一定的专业知识，在并不特别严格的条件下就可以制作爆炸装置并实施恐怖袭击。

(2) 危害后果 爆炸后放射性物质将会广泛弥散，微小的粒子粘附于大气飘尘上形成气溶胶，部分颗粒降落到爆炸中心附近区域。影响的范围与放射性物质用量、炸药用量及气象条件有关。如果发生在城市，最可能的情景是附近几个街道部分区域的建筑物和地面受到放射性污染。爆炸可能造成建筑物倒塌，爆炸产生的金属碎片和其他物体及建筑物倒塌是造成人员伤亡的主要原因。放射性物质污染导致的人员受照剂量不会太大，恐怖事件造成的影响往往是社会心理上的。

2. 释放放射源或放射性物质

(1) 特征 恐怖分子必须具有一定的专业技术知识，才有可能实施恐怖袭击。由于密封源应用广泛，获取相对较容易。工业探伤和放射治疗用的 ^{60}Co 、 ^{192}Ir 和 ^{137}Cs 放射源有可能是被选用的放射性核素。其中工业探伤用 ^{192}Ir 放射源一般出厂活度约3.7TBq(100居里)，装在几十公斤重的换源器中既便于运输，又可避免作案者自身受照。在各类电厂、化工厂的探伤车间、探伤机仓库或野外作业处，恐怖分子盗窃装有放射源

的探伤机或换源器并不十分困难。我国已有盗窃分子偷盗工业探伤用 ^{192}Ir 的案例。废放射源贮存库是密封放射源集中放置的场所，一般位于远离市区的偏远山区，安全保卫力量较弱，易于成为恐怖分子盗窃或抢劫放射源的作案目标。

实施恐怖活动的可能之一是将放射源丢弃至人员密集处，被人捡到后使携带者及其周围人员受到大剂量照射。恐怖分子或将放射性物质投入到食品、饮料中可以使受害群体造成体内污染，达到其危害人体、危害社会的目的。恐怖分子也有可能将放射性物质投入到河水、湖水、井水或自来水等水源，造成地区性水源污染。

(2) 危害后果 恐怖分子释放的放射源被人捡到可使携带者及其周围人员受到大剂量照射，导致急性放射病乃至死亡。一般人无放射病常识，普通医院的医生往往作为非放射病诊治，造成患者因贻误治疗死亡。多人死亡之后引起地区性恐慌，影响到该地区社会的安定。恐怖分子在食品、饮料、河水、湖水、井水或自来水中投放放射性物质造成的危害后果，与投放的核素种类、性质、数量有关，一般情况下导致放射性污染，对人体造成随机性效应，即患癌症几率增大。但是由于污染难于短期内消除，影响范围广，往往引起社会恐慌。

3. 袭击核电站或其他核设施

(1) 特征 恐怖组织有可能潜入反应堆用常规爆炸装置实施爆炸，也有可能劫持民用航空器撞击核电站的关键部位。事件发生后，可立即产生高强度的贯穿辐射，从反应堆释放出大量的放射性物质，短期内造成所在地区大面积放射性污染。随后放射性气溶胶随大气扩散到临近国家或地区，甚至引起全球性放射性污染。

1986年4月26日发生在前苏联境内的切尔诺贝利核事故为评价袭击核电站造成的影响提供了基础。切尔诺贝利核事故虽然不是核辐射恐怖事件，但其特征与核辐射恐怖事件相似。

恐怖分子有可能直接对放射性物质储存、应用场所或运输车辆实施恐怖袭击。袭击目标可以是核设施、高放废物贮存场，也可以是大型辐照装置、废放射源储存库。上述设施一旦被烈性炸药炸毁，放射性物质溅落在居民区，有可能造成人员受到大剂量照射，甚至导致较多人员伤亡。大型辐照装置一般属民用设施，多数直接向社会开放，恐怖分子进入较容易，单纯依靠设施本身的保卫力量很难抵抗恐怖分子的武装袭击。

(2) 危害后果 高强度的贯穿辐射和释放出的大量放射性物质可使核电站工作人员受到大剂量照射，部分工作人员患急性放射病死亡。除放射性因素外，袭击可引发爆炸和着火，导致人员伤亡。核电站所在地区、临近地区和周边国家的甲状腺癌的发生率有可能上升。核电站恐怖事件的危害后果不仅仅是重大的人员伤亡和财产损失，对发生国的能源政策乃至政治、经济均有不容忽视的影响。

切尔诺贝利核电站事故中，曾在事故现场岗位上的 600 名工作人员中，有 134 人接受了高剂量(0.7 ~ 13.4Gy)照射并得了放射病。其中，28 人死于最初 3 个月，很快又有另 2 人死亡。此外，在 1986 和 1987 年，大约还有 20 万名从事修复工作的人员，接受的剂量是在 0.01 ~ 0.5Gy 之间。切尔诺贝利核事故还造成在白俄罗斯、俄罗斯联邦和乌克兰地区广泛的放射性污染，这些地区曾有数百万人居住。从事故发生到 2000 年的随访资料显示，放射性污染区域发生的甲状腺癌的数量明显增加(大约 1 800 人)，特是在儿童时期受照的人员中甲状腺癌的发生率比根据以往知识所得出的预期值大得多。这次事故还使得居住在污染区的人员的生活发生长期性的改变，因为必须采取一系列的措施以限止辐射剂量，这些措施包括搬迁、食品供应方面的改变，以及对个人和家庭活动方面的限制。

核辐射恐怖事件尽管可能造成人员伤亡和重大财产损失，但是其主要影响仍然是社会心理影响。受到辐射明显影响的区