

北京地区放射事故风险评估与控制

马永忠¹, 娄云¹, 万玲¹, 李雅春¹, 苏旭²

(1. 北京市疾病预防控制中心, 北京 100013 2. 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所, 北京 100088)

摘要: 目的 掌握北京地区放射事故风险的基本状况, 确定放射事故风险水平, 研究风险防控措施, 控制事故发生。方法 通过现场调查、信息检索、经验与放射事故史料分析, 依照风险评估与控制程序进行相关研究。结果 (1) 北京地区放射事故风险来源于物和人两大因素, 覆盖全市范围; 物的因素为各种静态与动态辐射源, 1400余个单位涉有放射源、射线装置及流通的密封源、放射性货包; 人的因素主要为本地区 10%~30%的涉源人员未经培训。(2) 针对本地区放射事故的发生概率和严重程度, 确定出 13类放射事故风险, 其风险指数分布在 36~76之间, 其中极严重风险 1个, 高危险度风险 11个, 中危险度风险 1个。(3) 根据风险来源、类别和水平研究制订出有针对性的放射事故风险防控策略。结论 北京地区放射事故风险因素种类多、来源复杂、分布广, 风险控制的难度大, 评估确定不同类别放射事故风险级别、制订相应的风险防控对策, 对于维护首都的放射防护安全和社会稳定具有深远的战略意义。

关键词: 放射事故; 风险评估; 控制

中图分类号: R147 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2010)03-0177-04

Risk assessment and control of radiation accident in Beijing

MA Yongzhong, LOU Yun, WAN Ling, LI Yachun, SU Xu

(1. Beijing Municipal Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China; 2. Institute of Radiation Protection and Nuclear Safety, Chinese National Disease Prevention and Control, Beijing 100088, China)

Abstract: Objective To comprehend the basic situation on the risk of radiation accident in Beijing, determine the risk level, explore the control measure of the accident, thereby prevent its occurrence. Methods According to the risk assessment and control sequence, a series of studies as field investigation, information retrieval, radiation accident data analysis were employed in this study. Results The results showed that the radiation accident risk in Beijing mainly come from object and person which spread all over the city. The object factor includes the static and dynamic radiant points, such as radiation sources, radiological apparatus in 1400 units, as well as the current sealed radiation sources and radioactive goods; the person factor related to 10%—30% untrained radiation workers. On the basis of the probability and the severity of radiation accident occurred in Beijing, 13 radiation accidents risk indices varied from 36 to 76 were ascertained, in which 1 was most dangerous risk, 11 were high dangerous risks and 1 was middle dangerous risk. Then, the prevention and control measures were proposed according to the study results mentioned above. Conclusions The results suggested that the control of radiation accident risk in Beijing is difficult because of the various kinds of radioactive source and their extensive distribution. Therefore, it is also more important pertinently working out the corresponding risk control and prevention measure via accurate risk assessment and classification of radiation accident.

Key words: radiation accident; risk assessment; prevention and control

随着我国经济的发展和核技术的进步, 放射性同位素和射线装置越来越广泛应用于工业、农业、医学和科研等诸多领域^[1,2], 它在为人类造福的同时也时刻伴随着放射事故的安全风险。放射事故作为一种独特的公共卫生事件, 对社会和公众的影响更加复杂。北京作为首都和国际大都市, 一旦发生放射事故, 还将产生负面的政治影响。2008北京奥运会筹备阶段, 我们在奥组委的支持下即对首都范围内放射风险因素

进行了比较全面的评估和控制, 有效防范了放射事故可能对奥运带来的威胁。当前, 首都已进入一个后奥运时代, 但对于放射事故风险的防控依然是我们一如既往的工作, 必须持续深入开展。本文旨在结合2008北京奥运放射风险评估研究的基础上, 进一步阐述北京地区各种可能发生放射事故的风险因素来源、分布及其危害, 在确定不同类别放射事故的风险水平的同时完善具有针对性的风险防控策略和措施, 以更有效地控制本地区放射事故的发生, 维护首都的公共安全、政治稳定和人民健康。

1. 材料与方法

收稿日期: 2009-09-28 修回日期: 2010-02-05

作者简介: 马永忠 (1968—), 男, 医学博士, 副主任医师, 主要从事辐射剂量研究与职业病危害评价工作。

1.1 放射事故风险资料与风险水平的确定

主要依照文献 [3] 的方法, 以北京地区涉及辐射源的场所、设备和相关人员为放射事故风险研究对象, 采用现场调查、放射档案检索、经验分析、必要的辐射监测和专家咨询, 收集整理各类放射事故风险资料; 同时通过文献查考和本地区放射事故史料分析, 根据 AS/NZS4360:1999 风险评价矩阵指数表, 对风险发生的可能性和产生的影响程度进行定性或定量估价, 确定放射事故风险水平, 并制订相应的风险防控策略。

1.2 风险评估与控制程序

本研究遵循的放射事故风险评估与控制程序见图 1。

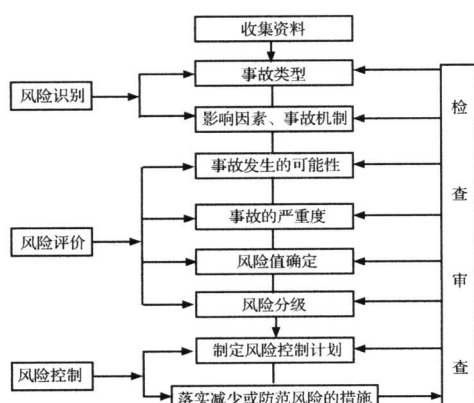


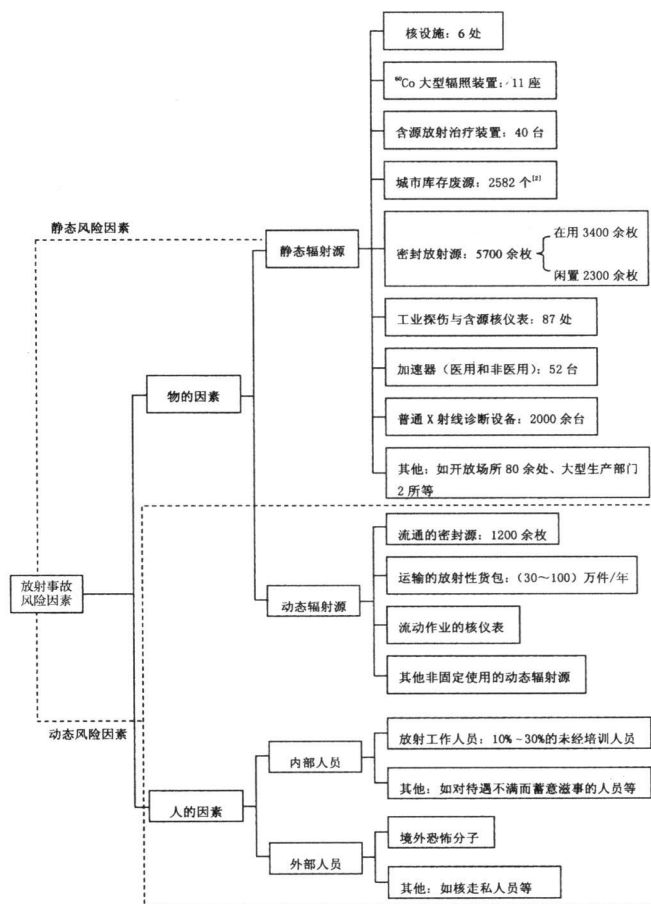
图 1 放射事故风险评估与控制程序

2 结果

2.1 放射事故风险因素的基本状况

放射事故风险来源于物和人两大因素, 覆盖全市范围, 与 2008 北京奥运前夕的评估结果一致, 基本状况见图 2。物的因素中, 本地区生产的各种放射性物质 (或放射源)、用于流动作业的放射源或运输状态的放射性货包, 以及现有的使用源和闲置源等, 均不同于固定场所的大型辐射装置和反应堆, 它们属于被人为利用可能性较大的放射事故风险源; 在生产流通方面, 以两大科研院所为主, 放射性密封源的年生产量为 $(1.1 \sim 7.3) \times 10^{13}$ Bq, 非密封源的年生产量为 $(1.0 \sim 1.3) \times 10^{14}$ Bq, 每年进出北京的放射性货包主要通过航空、铁路和公路等方式接触北京或在本地区出入^[3]。人的因素中, 涉及辐射源的 15 000 余名放射工作人员中仍有 10% ~ 30% 未经正规的安全防护培训, 他们将可能加大放射事故风险, 故也将之归属于动态的放射事故风险因素。当前, 各国已将人为作案作为核与放射事故关注的焦点, 肇事者可能会采取多种手段来达到其目的, 如利用黑邮件进行威胁、

隐蔽照射或散布放射性物质、偷盗放射源、有计划地利用放射性物质污染特定场所、水源和食品, 甚至攻击核设施或使用核武器制造破坏活动。近几年来, IAEA 各成员国已证实核走私事件达 150 起, 这为别有用心恐怖分子造成可乘之机^[4], 对人类有一定的潜在危险。某些单位在内部矛盾处理不当的情况下, 个别内部人员有可能采取不正常手段利用放射源滋事^[5]。



2.2 近年放射事故概要分析

从 2008 北京奥运年结束追溯到 1996 年, 本地区共发生放射事故 10 起, 见表 1。其中 1997 年、1999—2000 年、2003 年、2007—2008 年为 0 事故, 总体发生概率为 1 件/年。已发均为责任事故, 射线装置事故占 10%, 放射源事故占 90%; 70% 的事故发生在厂矿企业, 均为放射源管理失控, 以往也有类似报道。资料表明, 全国失控的放射源中, 未找回的占 45%, 39% 的事故也是发生在水泥制品行业, 这部分丢失的放射源不排除存在通过各种途径混入水泥、钢筋、金属用品等建材和生活消费品中的潜在危险, 必须引起有关部门的高度重视。

表 1 1996—2008年北京地区放射事故概况

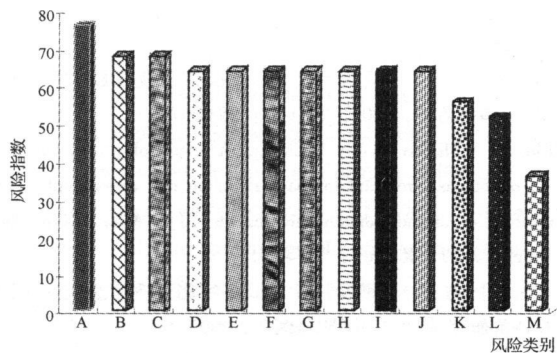
序号	事故单位性质	发生年份	事故级别	辐射源项与事故性质	事故后果
1	科研院所	1998	严重事故 (三级事故)	密封源丢失 ($^{241}\text{Am-Be}$ $7.8\times 10^9\text{Bq}$)	放射源至今未找回
2		2000	一般事故 (二级事故)	人员超剂量 (局部 0.60Sv)	尚无放射损伤
3	高等院校	2001	严重事故 (三级事故)	人员超剂量 (手 10Sv)	手部烧伤, 自愈
4		1996	严重事故 (三级事故)	放射源运输失控 (^{192}Ir $7.06\times 10^{10}\text{Bq}$)	人员恐慌, 未受照
5	厂矿企业	2001	重大事故 (三级事故)	人员超剂量 (腿 100Sv)	腿部烧伤, 半年愈
6		2002	严重事故 (三级事故)	探伤源丢失 (^{192}Ir $7.4\times 10^{11}\text{Bq}$)	人未受照, 已找回
7		2002	一般事故 (二级事故)	密封源丢失 (^{137}Cs $3.7\times 10^9\text{Bq}$)	人未受照, 未找回
8		2002	一般事故 (一级事故)	密封源丢失 (^{137}Cs $3.7\times 10^8\text{Bq}$)	人未受照, 未找回
9		2004	严重事故 (二级事故)	密封源丢失 (^{192}Ir $2.26\times 10^{11}\text{Bq}$)	人未受照, 已找回
10		2006	严重事故 (二级事故)	密封源丢失 (^{192}Ir $>3.7\times 10^{11}\text{Bq}$)	人未受照, 已找回

注: 根据 2001 年国家《放射事故管理规定》的第七条, 将放射事故按人体受照剂量或者放射源活度分为一般事故、严重事故和重大事故; “()” 中的事故分级类型是依据 1995 年国家《放射事故分级管理与报告制度》确定的; 依照 2005 年《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》关于辐射事故的分类, 则表中 2、7、8 为一般辐射事故, 其余为较大辐射事故。

2.3 放射事故风险水平及防控策略

通过对本地区各种放射事故风险因素识别, 对照风险分析矩阵表初步确定出的 13 类放射事故风险的风险指数仍在 36~76 之间, 风险水平分布见图 3。其中, 除放射源失控 (丢失或被盗) 和非医疗意外照

射 (安检设备) 分别属于极严重的风险和中等危险度风险外, 其余 11 个属于高危险度风险, 同时针对这些放射事故风险, 进一步形成相应的风险防控策略, 如图 4 所示。



- A: 放射源丢失/被盗

C: 核事故

E: 放射性物质运输意外

G: 饮用水放射性污染

I: 建材放射性污染

K: 职业意外照射

M: 其他非医疗意外照射 (安检设备)
- B: 核恐怖袭击

D: 辐照装置超剂量照射

F: 空气放射性污染

H: 食品放射性污染

J: 大型公共场所异常照射

L: 医用诊断意外照射

图 3 北京地区 13 类放射事故风险水平

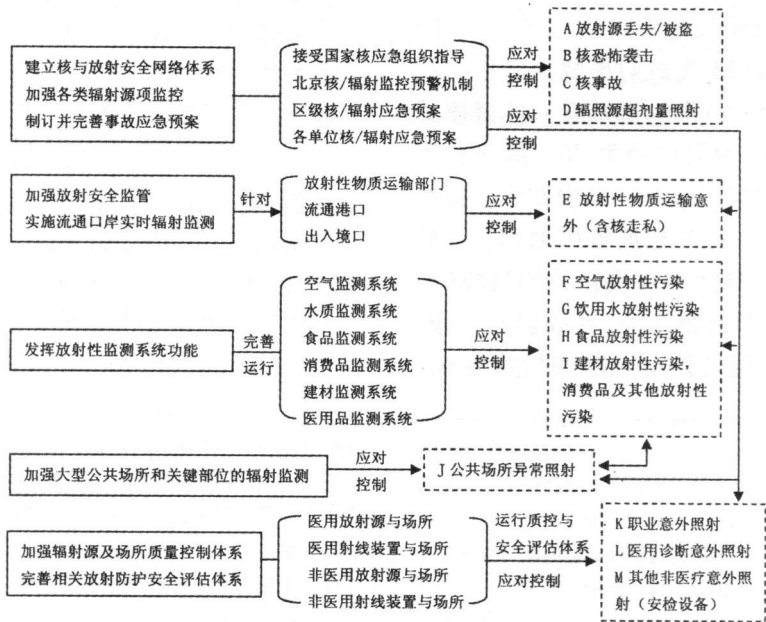


图 4 放射事故风险防控策略

3 讨论

人类只要应用核技术或从事放射工作,则必然存在放射事故风险。自本世纪美国“9·11”恐怖袭击事件以来,世界各国对恐怖活动的打击力度日益加强,核与辐射源项一旦被恐怖分子和别有用心者利用,往往可能产生极大的社会危害,造成公众恐慌和健康损害。北京是国际大都市,又是全国的政治、文化中心,经常举办各种大型的国际性活动,不能不考虑放射事故可能带来的负面政治影响。本地区历次放射事故的发生,虽有技术上的原因,但90%以上是责任事故。其实,不管是技术事故、责任事故还是故意捣乱,物所造成的破坏是离不开人的。因此,在放射事故风险分析中,人的因素不容忽视。

北京是一个放射工作单位较多而又密集的地区,涉及20个区县,其风险因素的分布也有其特殊性和复杂性。有关资料表明,本地区辐射源项单位数密度城区高于郊区,而从辐射源项数量来看,则主要分布于朝阳、海淀和房山,1990年以来,66.3%的放射事故集中发生在这三个区县^[5]。当然,北京1996—2008年期间有6年未发生放射事故,其中包括2007年奥运前夕及至2008年北京奥运年均实现了放射事故0概率的指标,有效保证了北京2008奥运会的放射防护安全。总体表明,目前北京放射事故的发生率是可接受的,但对辐射源项的监控和管理始终不能松懈,应将事故0概率作为首都长期的放射防护工作与管理目标。

通过调查分析,掌握本地区不同来源的辐射危险因素,识别各种有可能引发放射事故的风险源,对放射事故风险进行分类、评估并确定相应的风险水平,这是控制风险、防止并杜绝放射事故的前提。从图3可见,已识别并确定出的13类放射事故风险中,放射源失控(丢失或被盗)(A)发生率及其人体健康威胁的风险水平最高,风险指数评分为76属于极严重的风险;核恐怖(B)和核事故(C)极少发生,但影响巨大,评分为68;辐射装置超剂量照射(D)、放射性物质运输意外(E)、与健康直接相关的物质(空气F、饮用水G、食物H)和建材(I)的放射性污染,以及大型公共场所异常照射(J)等风险的指数为64

因为它们属于不太可能发生但后果又较严重的风险;职业意外照射(K)和医用诊断意外照射(L)很可能发生^[6,7],同时具有中等严重程度的健康危害,评分56;安检设备等小型射线装置意外照射(M)不太可能发生,一旦发生而造成的健康危害为中等水平,评分为36有条件接受。故最终按照风险水平的排序为:A>B=C>D=E=F=G=H=I>J>K=L>M。以此为依据,研究制订出相应的风险防控策略和方案才更凸现出其科学性、针对性和实用性。在科学有效的防控策略指引下,才能进一步建立健全应对放射事故的单位实体,实时监控、加强演练,一方面防止事故发生,一方面在放射事故意外发生时也能作出最快反应和最佳处理。

总之,北京地区放射事故风险因素种类多、来源复杂、分布广,风险控制的难度大,评估确定不同类别放射事故风险级别、制订相应的风险防控对策,对于维护首都的放射防护安全和社会稳定具有深远的战略意义。

参考文献:

- [1] 丛慧玲, 张金涛, 刘新河, 等. 我国核工业废放射源安全管理[J]. 辐射防护, 2002 22(5): 263-267
- [2] Eleanor A Bickely, Polly Y Chang. A review of ground-based heavy ion radiobiology relevant to space radiation risk assessment. Part II: Cardiovascular and immunologic effects[J]. Advances in Space Research, 2007 40(6): 461-469.
- [3] 马永忠, 姜云, 李雅春, 等. 2008年北京奥运会放射风险识别与评价研究[J]. 中国职业医学, 2007 34(1): 17-20
- [4] 张照辉, 贾廷珍. 放射攻击事件与医学救治[J]. 中国医学装备, 2007 4(1): 25-28
- [5] 时维东, 刘建国. 北京市放射事故分析及管理对策[J]. 北京人民警察学院学报, 2007 9(5): 36-40
- [6] K Sankaranarayanan, J S Wasson. Reflections on the impact of advances in the assessment of genetic risks of exposure to ionizing radiation on international radiation protection recommendations between the mid-1950s and the present[J]. Mutation Research, 2008 65(8): 1-27
- [7] Walter J Chwals, Ann V Robinson, Carlos J Sivitt, et al. Computed tomography before transfer to a level I pediatric trauma center: risks and complication with associated increased radiation exposure[J]. Journal of Pediatric Surgery, 2008 43(6): 2268-2272
- [9] 金永高, 李继革, 陈晓红, 等. 从一起氯丙嗪引起的食物中毒谈实验室毒物检测[J]. 中国卫生检验杂志, 2005 15(3): 373.
- [10] 张振宇, 余长大, 单晓梅, 等. 提高疾控机构检验检测能力的思考[J]. 安徽预防医学杂志, 2007 13(5): 368-369
- [11] 关福玉. 痕量毒剂毒物的检测[J]. 解放军医学情报, 1994 8(5): 242-245.
- [6] 朱明. 马鞍山市疾病预防控制中心实验室应急检测能力现状研究[J]. 安徽预防医学杂志, 2005 11(4): 225-226
- [7] 梁玉慧, 邓俊萍. 沁源县防疫站对突发事件的检测能力现状及对策[J]. 山西医科大学学报, 2003 34 15-16
- [8] 薄涛, 姜秀芬, 宋旭岩. 青岛市县级疾病预防控制机构检验检测能力现状调查[J]. 预防医学论坛, 2007 13(9): 774-776

(上接第176页)