

DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2021.05.027

• 专家解析 •

核电站事故的公众防护行动

陈惠芳, 袁龙, 雷翠萍

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: 随着核能发展不断推进, 居住在核电站周围的公众数量越来越多, 但是他们普遍缺乏对核辐射的基础知识, 对核事故的防护行动也知之甚少。而及时、正确的防护行动可以将核电站事故对公众的健康危害降到最低。本文介绍了核电站事故后, 公众的防护行动: 隐蔽、体表污染去污、撤离、服用稳定性碘、食品和饮用水控制、个人防护措施、宠物照料、心理援助等, 以指导公众在事故后开展正确的自救与互救, 提高公众对核电站事故的应急响应能力。

关键词: 核电站事故; 防护行动; 核应急; 准备与响应

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2021)05-0653-05

Public protective actions against nuclear power plant accident

CHEN Huifang, YUAN Long, LEI Cuiping

National Institute for Radiological Protection, China CDC, Beijing 100088 China

Abstract: With the continuous development of nuclear energy, more and more people live around nuclear power plants. However, they generally lack basic knowledge of nuclear radiation and know little about protective actions against nuclear accidents. Timely and correct protective actions can minimize the harm of nuclear power plant accidents to public health. This paper introduces the public protective actions after the nuclear power plant accident: sheltering, decontamination of body surface contamination, evacuation, stable iodine prophylaxis, food and drinking water control, personal protective measures, pet care and psychological support, to guide the public to carry out protection actions correctly and improve the public's emergency response ability during the nuclear power plant accident.

Keywords: Nuclear Power Plant Accident; Protective Action; Nuclear Emergency; Preparedness and Response

Corresponding author: LEI Cuiping, E-mail: leicuiping@nirp.chinacdc.cn

随着核电站在我国沿海地区的不断建设, 居住在核电站周围的公众数量越来越多。虽然核电站的安全性很高, 发生核事故的概率很少, 但是 1979 年美国的三哩岛核事故、1986 年前苏联的切尔诺贝利核事故以及 2011 年的日本福岛核事故都表明核电站不是百分百的安全, 有发生重大核事故的可能。我国居住核电站附近的居民, 普遍缺乏对核辐射基本的认知, 对核事故的防护行动也了解不多。近日, 国务院办公厅发布了《新时代的中国能源发展》白皮书, 指出要安全有序发展核电, 加强核应急预案和法制、体制、机制建设, 形成有效应对核事故的国家核应急能力体系建设^[1]。为了提高公众对核电站事故的应急能力, 指导公众在事故后开展正确的自救与互救, 本文将对核电站事故的主要公众防护行动予以介绍。

1 核电站事故的主要照射途径

当核电站发生严重的事故, 导致放射性物质释放到核电厂区域之外的时候, 放射性物质会通过各种途径污染空气、土壤、饮用水、农作物并沉积在物体的表面, 对人体造成内外照射。核电站事故导致公众受到照射的可能途径有: 事故释放的气载放射性物质产生的外照射, 或沉降到地面或其它表面上形成的沉积物所产生的外照射; 吸入事故释放的气载放射性物质产生的内照射; 食入被放射性物质污染的食物或水产生的内照射。而在事故的早期, 一般主要的照射途径是来自释放的放射性核素的直接照射、气载放射性物质(挥发物、气溶胶、微粒)的吸入、来自地面或表面沉积放射性物质的直接照射以及皮肤和衣物的污染。在

作者简介: 陈惠芳 (1974—), 女, 北京人, 副主任技师, 研究生, 从事核与辐射突发事件卫生应急准备和响应工作。

E-mail: chenhuifang@nirp.chinacdc.cn

通信作者: 雷翠萍, E-mail: leicuiping@nirp.chinacdc.cn

事故中期,大部分放射性物质已经沉积到地表。当事故特别严重的时候,放射性物质沉积波及的会很广大,中期阶段也可能会延长到数周。这个阶段公众一般不会受到烟雨照射,放射性物质沉积的外照射、通过食物链的内照射和吸入再悬浮物质的内照射是主要的受照来源。事故晚期的照射途径和中期类似,主要来自地面、建筑物沉积放射性物质的外照射以及食入污染食品造成的内照射。

2 公众防护行动

发生核事故时,针对上述主要受照途径,公众的主要防护行动包括隐蔽、撤离、服用稳定性碘(我国主要是碘化钾)、控制通道、食品饮用水控制、人员体表污染去污等。不同防护行动针对不同的照射途径(见表 1),而实施不同防护行动对当地的环境条件、当时的气象条件、所要调动的社会资源、实施的困难、存在的风险以及对社会经济生活的干扰是不同的。需要相关部门根据核事故的可能进展、严重程度,综合以上因素进行判别、决策。

2.1 隐蔽 在严重核电站事故的早期,当大量的放射性核素释放环境中时,携带放射性核素的烟羽在事故周边的区域进行扩散和漂移,对接触的人员造成照射。当地的政府或相关机构会要求核电站周围的公众采取隐蔽的紧急防护行动,要求公众待在室内一段时间,而不是立即向其他地方撤离。隐蔽是指人员进入并停留于室内,关闭门窗和通风系统,以减少来自烟羽或高水平放射性沉积物引起的外照射和吸入放射性核素后产生的内照射。

当事故发生时,如果公众在正在室外或者汽车内,要尽快就近找多层的砖或混凝土建筑物隐蔽,需要注意的是在汽车内达不到隐蔽的效果。在进行隐蔽的时候,要待在地下室或者房屋的中间,尽量远离

墙体和屋顶,防止受到沉积在房屋表面放射性物质的照射。进入隐蔽场所后,当烟羽经过时,养宠物的家庭,要及时将宠物带入室内,同时进行隐蔽。当家中有幼儿在幼儿园、学龄儿童在学校、病人在医院时,不要冒着风险外出去接孩子或病人,因为学校、医院也有相关的应急预案,会组织孩子、病人做好隐蔽措施。如果遇到特殊情况,确实需要外出,要按照后面介绍的防护措施做好个人防护^[2]。

隐蔽一般需要持续 24 h 以上,直到接到政府相关部门的指令,可以开窗通风或者需要组织撤离。

当公众在进行隐蔽的时候,要让自己保持信息通畅,以便通过手机、电视、广播和社交媒体获得关于核电站事故的最新的消息以及官方发布的最新防护行动指令^[3]。

2.2 人员体表污染去污 在公众采取隐蔽措施时,进入室内之前和进入室内后,要采取多种措施去除体表的放射性污染或者防止放射性污染扩散^[4]。首先,在进入室内前,要脱掉外层衣服、鞋子、配饰,这可以去除身体大部分的污染。在脱衣服的过程中,动作要轻以防止衣服上含放射性物质的灰尘脱落,并且尽可能避免外层衣服污染内层衣服或身体其他部位。脱掉的衣服要放入塑料袋或者其它可密封的容器内,并将塑料袋或容器放置在远离人和宠物的地方。如果没有可更换的衣物,可以将衣物脱下,用力甩动或用刷子刷外层,尽可能将可能沉积在衣物表面尘土中的放射性物资去除后再穿上。在这个过程中,应尽可能罩住口鼻,防止吸入。

进入室内后,如果可以洗澡,则用温水和大量的香皂冲洗身体,可以用洗发剂或香皂清洗头发,但是要避免使用护发素,因为它会使放射性物质粘滞在头发上。在洗澡的过程中,要轻柔冲洗,不要用搓澡巾用力搓擦,也不要用手抓挠,防止损伤皮肤而使放射

表 1 不同事故阶段的可能照射途径及相应的防护行动

Table 1 Protective actions against possible exposure routes at different stages of a nuclear power plant accident

可能的照射途径	事故阶段	防护行动
核设施的外照射	早期	隐蔽、撤离、控制通道
烟羽的外照射	早期	隐蔽
吸入烟羽的放射性物质	早期	隐蔽、服用稳定性碘、撤离、控制通道
皮肤和衣服受污染	早期、中期	隐蔽、撤离、人员体表污染去污
地面沉积物的外照射	早期、中期、晚期	撤离、避迁、地面和房屋设备去污
吸入再悬浮的放射性物质	中期、晚期	避迁、地面和房屋设备去污
摄入受污染的食物和水	早期、中期、晚期	控制污染的食物和水,食用未污染的食物和水,使用未污染的饲料喂养牲口、家畜等

性物质进入体内。如果身体上有擦伤或伤口,要注意将擦伤或伤口部位覆盖或包扎,防止放射性物质通过伤口进入体内。

如果没有洗澡设施,则立即用水和香皂充分的清洗手、脸以及其他裸露在外的身体部位。当没有水管和水池等设备时,还可以用湿纸巾擦拭这些部位。清洗时,要注意面部孔口部位,可以轻擤鼻涕,用干净的湿毛巾、湿布或湿纸巾擦拭眼睑、睫毛和耳朵。同时也要将用过的湿巾、布或毛巾放在塑料袋或其他可密封的容器中,并将袋子放在远离他人和宠物的地方。

在清洗完毕后,换上干净的衣物。如果没有干净衣物更换,则可按前述方法,将衣服上沉积的可能含有放射性物质的灰尘抖落或刷掉后穿上。

在帮助婴幼儿或其他人清洗去污时,要先将自己清洗干净,帮助他人清洗的过程中,要带上防水手套、罩住口鼻。同时注意包扎或覆盖自己和被帮助者身体伤口部位。

在清洗的过程中,有的人可能会担心放射性物质污染了地表或地下的水源。但是即使水源被污染,放射性物质进入水体后,会被稀释到极低的水平,用它来洗澡、洗衣服是安全的。

2.3 撤离 在核电站发生事故时,相关部门会综合考虑事故的严重程度、影响范围、辐射水平、气象条件、道路交通、可利用的收容中心等多种因素而提出让公众撤离的指令。在接到撤离指令时,负责人员会告诉你何时撤离、撤离到哪里、安全的撤离路线和方法。在这个时候,公众要听从指令,快速行动。

在撤离前,如果时间允许,要关闭家里的空调、水、电、锁好门窗;带好自己及家人的身份证件、日常服用的药物、换洗的干净衣物、手机充电器等简单必备物资。因为撤离路线和避难所要尽量远离含放射性物质烟羽经过的下风向地区,当自己开车撤离时,要按照政府部门指示的路线进行,并且关闭汽车的窗户和通风系统^[5]。

2.4 服用稳定性碘 发生核事故时,含有放射性碘的物质释放到空气中,可能会通过吸入污染的空气、食用污染的食品或饮用水、经皮肤吸收而导致人体受到内照射。服用稳定性碘是核事故中阻止放射性碘造成健康危害的重要应急干预措施。稳定碘一般有碘化钾(KI)和碘酸钾(KIO₃)₂ 2种形式,2者的防护效果并无优劣之分,但 KI 的溶解性和可吸收性更强,对胃肠的刺激更小,因此大多数国家都采用 KI 作为稳定碘防护剂^[6]。

核电站发生事故后,核电站周围的公众要按照当地政府的指令,获取 KI,在接到服用 KI 的指令后,要按照指令的要求及时服用。不同年龄段的人群,服用 KI 的剂量不同。表 2 为世界卫生组织推荐的不同年龄组人群服用 KI 的单次剂量。

表 2 WHO 推荐的不同年龄组人群服用稳定碘的单次剂量

Table 2 The single dosage of stable iodine according to age groups recommended by WHO

年龄组	碘质量/mg	KI质量/mg	相当于100 mg碘的片数
<1个月	12.5	16	1/8
~3岁	25	32	1/4
~12岁	50	65	1/2
~40岁	100	130	1

我国市面上只有 KI 的片剂,婴幼儿可通过将 KI 片碾碎,溶于巧克力奶、果汁、糖浆、可乐等饮料来给服用,具体方法如下:①首先将碘片放入一个小碗中,用金属勺子的背面碾压成细粉末。②加 4 勺水于稳定碘粉末中,并用勺子混匀,直到碘片粉末完全溶于水中。③加 4 勺选择的饮料加入上述溶液中并混匀。④每勺溶液含 KI 16.25 mg,可根据孩子的年龄选择服用的剂量。⑤这种溶液在冰箱中冷藏可存储 1 周,超过 1 周应扔掉^[7]。

需要注意的是每公斤碘盐中的碘含量仅为 30 mg,日常食用碘盐无法阻滞甲状腺对放射性碘的吸收。而在甲状腺处涂抹碘酒亦达不到保护甲状腺的效果。

由于胎儿和婴幼儿及儿童吸收放射性碘后罹患甲状腺癌的风险高于成人,当 KI 数量不足时,要优先考虑将 KI 分发给新生儿、婴幼儿与儿童、孕妇和哺乳妇女。

2.5 食品和饮用水控制 核事故中当放射性核素释放到环境时,就会直接或间接地转移到食物和水中。因此,公众需要食用或饮用未受到放射性核素污染的食物和水,如密封的罐装、瓶装食物、水、饮料,在冰箱、冰柜、或柜子中存储的未被污染的食品或水。在打开食品之前,要先用干净的湿布或湿巾擦拭包装柜子、冰箱、冰柜以及食品包装表面,并将用过的湿布或湿巾放入塑料袋或其它密封容器内,将其放置于远离人和宠物的地方。

在相关机构未确认户外种植的食物和当地的饮用水系统是否受到污染之前,且有未受污染的食品和饮用水供应时,不能食用这些食物、喝自来水或水井

中的水。加热、烧沸并不能去除污染水体中的放射性物质。饲养牛、羊等牲畜的家庭,应当尽早将其撤离受污染的牧场,并用未污染的饲料喂养。在不确定牲畜受污染状况之前,不能喝其奶或食其肉。在未确定受影响地区生产的牛奶、水果、蔬菜、谷物等是否安全之前,应禁止该地区这些产品的销售^[8]。

在邻近核电站受影响的地区的哺乳期的妇女,如果怀疑自己可能吸入放射性核素或食入受其污染的食品,放射性物质可以通过母乳进入到婴儿体内,因此,这时应当暂停母乳喂养而使用配方奶粉或其他辅食。在配置奶粉或其他食物前,也需要将奶瓶、奶粉罐等的外包装用湿巾或湿布擦拭干净。但是,在没有配方奶粉或其他食物时,母亲可以继续母乳喂养,在哺乳之前,用肥皂和温水擦洗乳头和乳房,同时轻轻擦拭婴儿的口腔周围。对暂定哺乳的妇女,可以继续将母乳抽出并扔掉。待条件允许时,寻求专业人员检测以确定是否自身受到污染,按照专业人员的指导开展后续防护行动。

2.6 个人防护措施 当空气中有放射性核素污染时,在室外的人员应当采取简易的防护措施防止放射性物质吸入体内或沉积在体表。公众可用手帕、毛巾等棉织物捂住口鼻,减少放射性物质从口鼻吸入;穿戴长袖、长裤、帽子、头巾、雨衣、手套和靴子等,做好体表防护,减少放射性物质在体表皮肤的沉积^[8]。

2.7 宠物的照料 核事故后,当人员进行防护行动时,同时照料好抚养的宠物,及时对其也进行清洗去污、隐蔽、撤离等防护行动。

宠物在进入室内隐蔽前,需要用香皂或洗发剂和水对其认真冲洗。冲洗时,要注意自己戴好防水手套和口罩(没有口罩的,用其他材料覆盖口鼻),同时,也应注意将自身和宠物身体的伤口或擦伤部位覆盖或包扎^[9]。在冲洗干净宠物后,要将自己的手、脸进行清洗。

密封在容器中的宠物食品没有受到放射性物质污染,仍可继续用于喂食。打开宠物食品容器前,用湿布或干净毛巾对它们进行擦拭;宠物的碗、盘子和垫子也应进行擦拭。用过的布或毛巾也要注意放入塑料袋或其他可密封的容器中,并将袋子放在远离他人和宠物的地方。

在带着宠物撤离的时候,要带上笼子、皮带、宠物的食物和药物和免疫记录等物品资料。听从指令,将宠物转移至专门的收容处所。

2.8 心理援助 突发的事故、不可预计的风险、财产

的损失、生活环境的变化,部分受影响的公众产生剧烈的精神压力和心理冲击,有的人会出现恐惧、失眠、做噩梦、注意力不集中、酒精依赖等问题。所以,公众还需要关注自己的精神心理健康,学会自我心理调适和寻求专业人员的帮助。无论是在隐蔽、撤离点,公众要尽量保持充足的休息和健康的作息习惯,避免或减少酒精、咖啡因或尼古丁的摄入;要主动学习培养运动、音乐、绘画、读书等兴趣爱好,运用这些方法让自己休息和放松,调节内心的压力,保持积极状态;多与正能量的亲人、朋友交流自己的感受,释放自己的不良情绪,争取亲人朋友与社会的支持^[10]。

公众在获取信息时,要关注官方的、正能量、积极的权威信息,而避免过多浏览负面的、悲惨的各种小道消息,尤其在避免在睡前刷负能量的信息。

当感觉到自己无法解决精神心理问题,要及时的向专业的精神科或心理科医生求助,通过科学的心理疗法帮助自己恢复。

3 总 结

截至 2021 年 6 月 30 日,我国在运行核电机组已经有 51 台(不含台湾地区),分布在 13 个核电基地。而随着社会的发展,公众,特别是核电站所在地区的公众,对核电站安全性的关注度越来越高。而核事故后,及时、正确的防护行动可以将其对公众的健康危害降到最低。因此,各相关部门应当加强开展对公众防护行动的研制与科普,针对不同年龄、教育程度的人群,开展多形式的宣传教育活动,切实提高公众对核事故防护行动的认知水平。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

作者贡献声明 陈惠芳负责文献调研、论文撰写与修改;袁龙参与文献调研;雷翠萍对设计与论文撰写予以指导和修改

参考文献

- [1] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 新时代的中国能源发展白皮书 [EB/OL]. (2020-12-21)/[2021-04-30], <http://www.scio.gov.cn/zfbps/32832/Document/1695117/1695117.htm>. Information Office of the State Council of the People's Republic of China. White paper on China's energy development in the new era [EB/OL]. (2020-12-21)/[2021-04-30], <http://www.scio.gov.cn/lezfbps/32832/Document/1695117/1695117.htm>.
- [2] USA Centers for Disease Control and Prevention. What to Do During a Radiation Emergency: Get Inside [EB/OL]. (2018-04-

- 04)/[2021-05-10].<https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/getinside.htm>.
- [3] USA Centers for Disease Control and Prevention. What to Do During a Radiation Emergency: Stay tuned[EB/OL]. (2018-04-04)/[2021-05-10].<https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/staytuned.htm>.
- [4] USA Centers for Disease Control and Prevention. How to Self-Decontaminate after a Radiation Emergency [EB/OL]. (2018-04-04)/[2021-05-10].https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/selfdecon_wash.htm.
- [5] USA Centers for Disease Control and Prevention. Stay Tuned to Learn How to Evacuate [EB/OL]. (2018-04-04)/[2021-05-10].<https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/evacuation.htm>.
- [6] 雷翠萍, 陈惠芳, 袁龙. 核电站事故卫生应急中的稳定碘预防[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2017, 37 (11) : 858-862.
Lei CP, Chen HF, Yuan L. Stable iodine prophylaxis for public during nuclear health response after power plant accidents[J]. Chin J of Radio Med Prot, 2017, 37 (11) : 858-862.
- [7] U. S. Food & Drug Administration. Home preparation procedure for emergency administration of potassium iodide tablets to infants and children using 130 milligram(mg) tablets[R]. Maryland: U. S. Food & Drug Administration, 2012.
- [8] 苏旭. 核和辐射突发事件处置[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013.
Su X. Management of nuclear and radiological emergencies[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2013.
- [9] USA Centers for Disease Control and Prevention. Decontamination - Pets [EB/OL], (2018-04-04)/[2021-05-10].https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/selfdecon_pets.htm.
- [10] 张桂清. 新型冠状病毒肺炎疫情下的心理危机干预[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2020
Zhang GQ. Psychological crisis intervention in New Coronavirus pneumonia[M]. Beijing: China Labor and Social Security Press.
- (收稿日期: 2021-04-18)

· 消 息 ·

《中国辐射卫生》开通网络首发

为了以规范的网络期刊出版方式更快更好地确立作者的科研成果首发权,全面提高学术论文的传播效率和利用价值,《中国辐射卫生》现已与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司(简称电子杂志社)签署(CAJ—N 网络首发学术期刊合作出版协议),通过《中国学术期刊(网络版)》(CAJ—N)正式出版我刊网络版。从 2021 年 11 月 1 日起,凡经我刊编辑委员会审定录用的稿件(录用定稿)均将首先在我刊网络版上首发,后视论文编排情况,由我刊按照原定双月刊期出版相应的整期汇编定稿网络版和印刷版。针对我刊数字出版转型情况,特发布此录用定稿网络首发声明。录用定稿网络首发之后,在后续的排版定稿、整期汇编定稿网络版和印刷版中,不得修改论文题目、作者署名、作者单位以及其学术内容,只可基于编辑规范进行少量文字的修改和错误修正。

(本刊编辑部)