

# 核辐射对环境的影响及安全防护策略探究

王君 王健

武汉舍鱼环境与健康检测评价有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i3.1958

**[摘要]** 核技术的利用为人类带来了巨大的能源收益,然而,一旦核事故发生或核辐射不当管理,对人类健康和生态系统均会造成严重损害。鉴于此,本文基于现有的数据库和文献资料,分析了核辐射对环境的潜在危害,并提出了有效的安全防护措施。旨在为专业技术人员、环保组织以及政策制定者提供参考,促进核能的安全使用与环境保护。

**[关键词]** 核辐射; 环境影响; 安全防护; 策略

**中图分类号:** O571.43+6 **文献标识码:** A

## Exploration of the Impact of Nuclear Radiation on the Environment and Safety Protection Strategies

Jun Wang Jian Wang

Wuhan Sheyu Environmental and Health Testing and Evaluation Co., Ltd

**[Abstract]** The utilization of nuclear technology has brought enormous energy benefits to humanity. However, once a nuclear accident occurs or nuclear radiation is improperly managed, it can cause serious damage to human health and ecosystems. In view of this, this article analyzes the potential harm of nuclear radiation to the environment based on existing databases and literature, and proposes effective safety protection measures. Intended to provide reference for professional technicians, environmental organizations, and policy makers, promoting the safe use of nuclear energy and environmental protection.

**[Key words]** nuclear radiation; Environmental impact; Safety protection; strategy

### 前言

在过去的几十年里,核技术的快速发展极大地推动了世界能源的变革,核电站作为清洁能源的代表,被广泛应用于电力生产。然而,核技术的风险管理和核辐射的环境影响一直是公众和环保机构深切关注的问题。从切尔诺贝利到福岛核事故,我们见证了当核辐射控制失效时可能导致的灾难性后果。这一环境问题呼吁专家们不仅要关注核能的发展,也需要研究如何更好地保护我们共有的环境。

### 1 核辐射对环境的危害

核辐射,即核能在发生裂变或融合时释放出的辐射,包含一系列高能粒子和射线,如 $\alpha$ 粒子、 $\beta$ 粒子、 $\gamma$ 射线等。它们携带的高能量能对接触到的物质造成伤害,并在环境中进行传播。对环境造成的影响是多维度的,它既能直接影响生物健康,又能间接通过生态系统的各个环节,长期对环境造成持久的影响<sup>[1]</sup>。

#### 1.1 对土壤的破坏

土壤作为生态系统的重要组成部分,其辐射污染会影响土壤的化学性质和生物活性,例如,放射性核素会与土壤颗粒紧密结合,改变土壤的重金属含量,影响植物生长和土壤微生物群落

的结构。土壤中的放射性核素还可能通过植物根系被吸收,并通过食物链进入动物体内,最终影响人类健康。这种污染特别是长半衰期核素的污染,如铀和钚的同位素,其污染的影响可能持续数十甚至数百年。

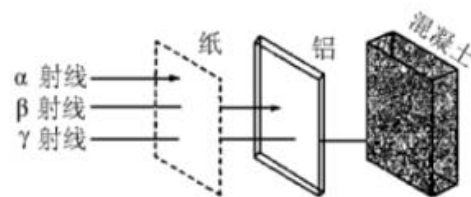


图1  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 三种射线穿透能力的示意图

#### 1.2 对水体的污染

水体受到放射性物质污染后,影响范围更为广泛。水体污染不仅直接威胁到水生生态系统,还可能通过食物链影响远离污染源的其他生物。放射性核素能通过河川运输到远处的湖泊和海洋,长期存在于水环境中。这些核素在水中通过生物吸取和沉降作用会在生物体内累积,通过食物链逐级放大。

#### 1.3 对食物链的影响

食物链中的污染传递是核辐射对环境危害的集中体现。生物在摄取受核污染的食物时,放射性核素随之进入体内,并逐渐在高等捕食者体内积累,这会导致捕食者受到更高剂量的辐射。长期的、低剂量的放射性暴露被研究表明与癌症、基因突变等健康问题存在关联。

## 2 核辐射安全防护策略

### 2.1 核辐射的屏蔽

在应对核辐射的屏蔽问题时,采取有效的防护措施是至关重要的,关键在于选择和使用适当的屏蔽材料来减轻辐射的侵袭。铅,作为一种密度大、原子量高的元素,能有效吸收射线,尤其是对 $\gamma$ 射线具有卓越的屏蔽性能,因而被广泛应用于制造辐射防护罩、房间屏蔽以及个人防护设备如铅围裙、铅眼镜等。厚重的铅屏蔽设备需精心设计以确保在提供足够防护的同时,仍然保留必要的功能性和灵活性<sup>[2]</sup>。另一种常用屏蔽材料是混凝土,拥有较高的密度和较强的结构稳固性,使之成为建立固定核设施安全屏障的理想选择。它既可以抵抗中子辐射,也有助于减少 $\beta$ 射线对人体和环境的危害;并且,相对于铅,混凝土在大规模应用中成本效益更高。同时,水作为自然资源丰富、经济环保的屏蔽材料,对于降低辐射水平同样十分有效。水可以作为核反应堆的冷却剂,使用时通过厚重的水层来吸收射线,这样不仅屏蔽射线,同时也能带走核反应产生的热量。此外,利用空气的屏蔽效应也不应被忽视,尽管它对高能射线的屏蔽能力有限,但通过设置足够的距离和空间,空气层可以在控制成本的同时,为低能放射物质提供初步的屏障。屏蔽工程的设计和施工必须基于详细的辐射安全标准和准则,确保所有屏蔽措施均为工作人员、公众以及环境提供优良的保护水平,以有效预防或减轻因辐射泄漏导致的健康风险。综合运用各种屏蔽材料和策略,必能构筑起一个强大的防御系统,坚实地守护着人类免受核辐射的威胁。

### 2.2 放射性场所分区管控

实施对放射性场所的分区管控,是为了通过制定严格的访问标准,将人员进出限定于特定区域,以此确保放射性物质的安全性及降低潜在的辐射风险。首先,根据放射性物质的种类、活度以及可能对人员和环境造成的风险等级,场所应划分为不同的辐射区域,如受控区、监测区和公共区。在受控区域,只有接受过专业培训、具备相应资格的人员才能进入,并且必须佩戴个人防护设备。此外,这些区域还应有明显的警示标识,并安装有效的监测设备,以确保在发生辐射泄漏或其他异常情况时,能够迅速采取应对措施;监测区作为缓冲带,对普通人员和受控区工作人员进行必要的辐射监测,以及在必要时去污。设立此类区域可以起到双重作用,既能确保人员在未受污染的情况下离开工作区域,也能防止污染扩散至公共区和环境;最后,公共区是对大众开放的区域,在这些区域内,辐射水平应控制在国际标准以下,确保公众的安全。通过有效的分区管控,能够系统地降低辐射事故发生的概率,并在紧急情况下最大限度地保护人员和环境不受辐射影响。这要求所有参与管理的人员都

要有着充分的责任意识和紧急应变能力,保障核安全措施得到严格执行。

### 2.3 人流物流控制

在放射性场所,为了防止不必要的辐射暴露,为此,必须建立一套高效的人流和物流的控制机制,确保人员及物品进入受控区之前接受恰当的检查与批准。关键的控制措施包括专门设计的入口和出口通道,这些通道配备必要的安全设施和监测仪器,对所有穿行的人员和物资进行严谨的辐射检测。在通行要求上,制定明确的准入标准,例如,所有工作人员必须有明确的工作许可,并且接受过针对性的辐射保护培训,而携带物资则需通过安全检查,确认其未受到放射性污染,才能获准进出。此外,优化人员和物资的调度计划也是减少辐射暴露和污染风险的关键。确保相关人员清晰了解各自的职责与辐射防护原则,并按照既定的运输路线和时间表进行作业,有助于减少人流物流在受控区的滞留时间。同时,应装置自动或半自动的监控系统,对入口和出口进行24小时监控,确保任何时候都能快速响应可能的安全事件。紧急情况下,必须有明确的程序确保快速疏散及时处置,避免进一步的人员暴露和物资污染。

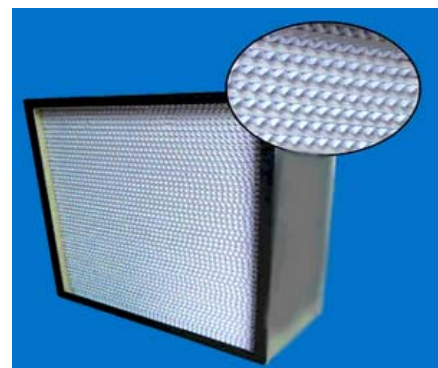


图2 HEPA高效过滤器

### 2.4 通风改造

在放射性场所的通风系统改造中,关注点应放在提升系统的过滤与循环功能上,目的是确保和最小化空气介质中的辐射物质浓度。这一改造不仅可以降低工作人员的辐射暴露风险,也能够保护环境免受放射性污染<sup>[3]</sup>。首先,改造工作需引入高效过滤技术。使用高效颗粒空气(HEPA)滤芯或者更先进的过滤系统,能够捕捉并隔离空气中的粒子状放射性物质,有效阻止它们在呼吸区域的扩散。此外,活性炭或者其他特定类型的过滤材料可以用于吸附气态放射性物质,进一步清洁空气。其次是循环通风系统的设计和改造。系统需要确保室内空气能持续更新,以保持放射性物质浓度在安全水平以下。适当的设计还可创造有利于空气流动的压力梯度,导致空气从低污染区向高污染区流动,而不是反向。还有通风系统的监测控制功能也应该被加强。定期检测系统的性能和过滤效率,以及辐射监测探测器的安装,用于实时监控空气中的放射性污染水平,均能提供必要的数据支持,以便在必要时进行调整或更换过滤设备。

### 2.5 流出物处理

处理放射性流出物,尤其是放射性废水和废气,要求采用专业和高效的技术手段以确保环境安全和防止进一步污染。在此,离子交换技术是一种极为有效的方法,该技术利用树脂或特殊媒介吸附废水中的放射性离子,它能够针对性地交换特定放射性同位素,实现其从液相中的有效去除。这一过程在操作上需要精确控制各项参数以达到最优化效率,同时保证经处理后的水质达到法规标准。紧接着,化学沉淀法可以通过添加化学试剂引发化学反应,使溶解在水中的放射性物质转变为不溶性沉淀物,之后可以通过沉降分离,这样不仅处理效率高,而且便于后续的安全处置。对于废气方面,则常见的是过滤技术,高效颗粒空气(HEPA)过滤器能拦截绝大部分的悬浮微粒,包括放射性尘埃,而活性炭过滤则利用其多孔性表面吸附有害气体和微小颗粒,这些技术在去除放射性物质中发挥着关键作用。每一种技术的应用都伴随着精确的监控和维护,用以确保处理设施始终处于最佳工况,同时保证处理后的流出物不会对人类健康和环境安全构成威胁。

## 2.6 人体防护

面对潜在的辐射暴露风险,实施有效的人体防护措施至关重要。这些措施主要包括佩戴合适的个人防护装备(PPE)和进行定期的健康检查以及健康监测。防护装备是防护措施中的第一道防线,必须根据具体的作业环境和可能的辐射水平来选择。防辐射服装能够有效阻挡外来射线的直接接触,减少放射性物质黏附或者被吸入体内的风险。专用的防护服按照防护等级和材质不同,为作业人员提供不同程度的屏蔽效果;面具(包括呼吸器和防护眼镜)主要保护呼吸系统和视觉器官,防止放射性尘埃、气体或溶液的吸入及接触;而防护手套则保护手部免于直接暴露于放射性物质之中,该类防护用品需要具备足够的抗穿刺

性和抗辐射性。除了防护装备外,加强健康监测也同样重要,这包括但不限于对作业人员的外部辐射剂量进行实时监控、定期进行血液与生物学指标分析,以及可疑症状的快速诊断和处理。体检能够早期发现辐射引起的健康问题,为工作人员提供必要的治疗和干预。整合上述措施,形成一套综合的人体防护方案,能够极大地降低辐射对工作人员健康的潜在影响,并保持其生命安全与健康。专业的防护和监测,结合定期举行的培训和演习,可以提升工作人员对辐射安全的认识和自我防范能力,打造一个更安全、更健康的工作环境。

## 3 结束语

综上所述,核能技术的进步为我们的社会带来了巨大的潜力和便利,但同时,核辐射的风险也是我们不得不面对的挑战。我们作为专业人士,有义务和责任去探索和推动那些能够减轻这些风险的方法和策略,通过我们共同参与和努力,有望实现科技的发展与环境保护的平衡。

## [参考文献]

- [1]李娟.核辐射对环境的影响及安全防护策略探究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(19):165-167.
- [2]姜珊珊,王帅.核辐射对环境的影响及安全防护对策[J].环境与发展,2020,32(07):30+32.
- [3]符华群.核与辐射对环境的影响及防护策略探讨[J].新型工业化,2021,11(02):103-105.

## 作者简介:

王君(1990—),女,汉族,湖北武汉人,研究生,工程师,从事辐射检测与评价。

王健(1988—),男,汉族,湖北武汉人,本科,总经理,工程师,研究方向:辐射检测与评价。