

# 核电可持续发展与低中放固体废物处置困境

魏方欣

(环境保护部核与辐射安全中心, 北京 100082)

**摘要:**放射性固体废物安全处置是核电可持续发展的制约因素之一。本文针对核电厂面临的固体废物积存量超出暂存库设计容量但无法送交处置的困境, 通过分析核电持续发展带来的放射性固体废物的处置需求和我国低中放固体废物处置现状及存在的问题, 认为出现处置困境的深层原因是废物处置责任不明确、核电发展与放射性废物管理的国家职能存在割离, 在此基础上提出加快出台放射性固体废物处置选址规划、建立独立的放射性固体废物处置公司、完善放射性废物管理资金保证制度等政策建议。

**关键词:**核电; 可持续发展; 低中放固体废物; 处置

中图分类号: X705

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2013)02-0001-03

## THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER AND DIFFICULTY IN THE DISPOSAL OF RADIOACTIVE SOLID WASTE

WEI Fang-xin

(Nuclear and Radiation Safety Center, MEP, Beijing, 100082)

**Abstract:** The safety disposal of radioactive solid waste is one of the restricting factors for the sustainable development of nuclear power. The difficulty occurred in nuclear power plants that the accumulated radioactive solid waste is beyond the design capacity and unable to be sent to disposal is focused on in this paper. The deep reasons for the difficulty occurred are concluded to be the unclear responsibility for disposal of radioactive waste and the divided national function of nuclear power development and radioactive waste management, by analyzing the disposal demand of radioactive solid waste caused by continuous development of nuclear power and the current situation and existing problems for the disposal of low-intermediate level radioactive solid waste in China. The policy suggestions of issuing the disposal siting plan of radioactive solid waste, forming independent firms of radioactive waste storage and disposal and improving radioactive waste management fund system are proposed based on above analysis and investigation.

**Keywords:** Nuclear Power; sustainable development; low-intermediate level radioactive solid waste; disposal

随着我国核电厂建造和运行速度的加快, 其在放射性固体废物管理中面临的困境也日益突

显。截止到2010年底, 我国在运行核电厂的暂存库中积存的低中水平放射性固体废物(以下称“低中放固体废物”)已达1万多立方<sup>[1]</sup>。根据《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》(GB14589-93)的要求, 核电厂内的低中放固体废

收稿日期: 2012-10-10

作者简介: 魏方欣(1979-), 男, 汉族, 山东郓城, 2008年毕业于中国科学院高能物理研究所, 博士, 工程师, 从事核安全监管和放射性废物安全管理方面的工作。

物暂存库的设计容量为 5 年，目的是推进固体废物的运出和送交处置<sup>[2]</sup>。但由于我国低中放固体废物处置场的建设严重滞后，造成核电厂的低中放固体废物积存量已接近或达到暂存库的设计容量，无法送交处置。预计随着更多核电厂的运行，未来将有更多核电厂面临这一困境。放射性固体废物在暂存库中的贮存带来的放射性风险、社会风险和经济代价随时间递增。部分核电厂考虑新建暂存库，但这与资源经济的原则和处置政策不符。本文通过分析我国核电厂低中放固体废物的处置需求和现有处置政策中存在的问题，提出加快出台放射性固体废物处置选址规划、建立独立的放射性固体废物处置公司、建立和完善放射性废物处置资金保证制度等破解废物处置困境的政策建议，以推进废物的及时送出和核电的可持续发展。

### 1 核电发展对放射性废物处置的需求

自 1991 年 12 月 15 日秦山核电厂投入运行以来，截止到 2010 年 12 月 31 日，我国并网核电机组达到 13 个，在建机组 28 个，装机容量总计 1000 多万千瓦<sup>[1]</sup>。根据 2012 年 10 月发布实施的《核电中长期发展规划》(2005-2020 年)，到 2020 年我国核电在运行装机容量将达到 5800 万 KW，预计在运行机组达到 60 多个。按每个机组年产生固体废物货包 60 m<sup>3</sup>(国内电厂早期单机组固体废物年产生量达 100 m<sup>3</sup> 以上)计算，到 2020 年每年将产生固体废物货包 3 600 m<sup>3</sup>，低中放固体废物的积存总量将达到(核电机组寿期为 60 年)几十万立方。

核电厂中产生的放射性固体废物可分为湿固体废物、干固体废物、金属废物和有机废物等，如表 1 所示<sup>[3]</sup>。这些固体废物主要为低放废物，还有

表 1 压水堆核电厂运行期间固体废物的产生情况 (电功率为 1GWa)

废物类型	废物体积 (m <sup>3</sup> /a)	基本特性	处理方法
湿固体废物	放射性蒸发浓缩液、过滤泥浆/残渣、废树脂、废过滤器芯	低中放废物 (一定量中放废物)	水泥固化、或固定
干固体废物	废防护用品、废活性炭、废空气过滤器芯	主要是低放废物	通过压实或燃烧减容然后固定
金属废物	污染部件和设备、污染工具、堆芯部件	低中放废物 (极少量高放废物)	固定
有机废物	废机油、溶剂	低放废物	暂存待处理

一定量中放废物和极少量高放废物。其放射性主要来源于核燃料的裂变和活化产物通过蒸汽发生器传热管道和有关设备的泄露，以及冷却剂的净化等过程对辅助系统和二回路系统的污染，所含的放射性核素主要包括 <sup>137</sup>Cs, <sup>136</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>54</sup>Mn, <sup>55</sup>Fe, <sup>60</sup>Co 等。

核电厂的废物体系和放射性流过程如图 1 所示。由图 1 可以看出，核电厂运行产生的放射性废气和废液经处理后实施达标排放，因处理产生或残留的放射性污染物与其他放射性固体废物进行水泥固化或固定处理后装入 200 L 和 400 L 金属桶或混凝土桶中，形成放射性固体废物包。以电功率 90 万 KW 机组为例，单台机组每年产生的整备后的放射性固体废物包约为 58 m<sup>3</sup>(废物最小化目标值)，如表 2 所示。除经批准后予以解控的活度水平极低的废物之外，暂存库中的低中放固体废物的最终出路是送交放射性固体废物处置场处置。

放射性固体废物包容核电厂放射性废物中含有的大部分放射性，占用土地和经济资源，并对环境和人员造成潜在危害，其最终处置是核电厂可持续发展的主要制约因素。

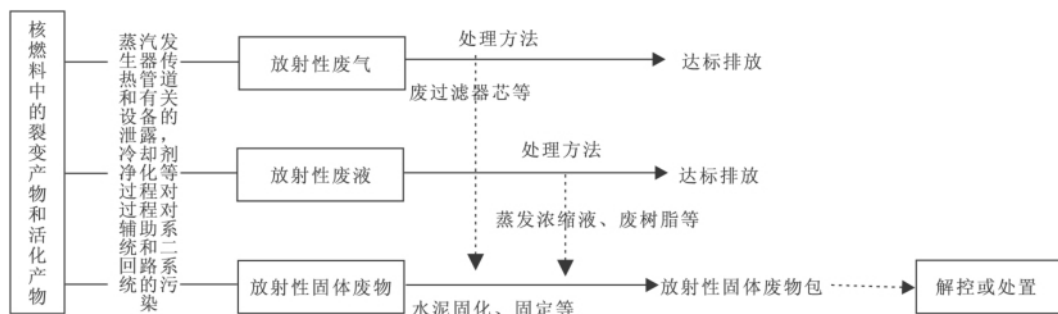


图 1 核电厂放射性废物体系与放射性流过程图

表 2 某核电厂固体废物整备情况(两台机组, 单台机组装机容量为 90 万 KW)

废物类型	浓缩液 /m <sup>3</sup>	废树脂 /m <sup>3</sup>	废过滤器 芯子	技术废物 /m <sup>3</sup>	总计
年平均产生量 (整备前)	5.6	10.45	35 个	54.7(整备 后)	
整备后的货包 产量/m <sup>3</sup>	15.57	32.40	14	54.7	116.87

## 2 我国低中放固体废物处置现状、问题及成因

我国对低中放固体废物实施近地表区域处置政策<sup>[4,5]</sup>。1983 年,原核工业部科学技术委员会成立了放射性废物处理处置专业组,组织实施低中放固体废物处置场的场址预选工作。1992 年颁布的《关于中、低水平放射性废物处置的环境政策》要求在低中放废物相对集中的地区陆续建设国家低中放固体废物处置场,分别处置该区域或临近区域内的低中放固体废物<sup>[6]</sup>。为推动这一政策的有效实施,国家从推进核电厂送交处置和处置场选址规划两方面制定法规标准:《核电厂低中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》(GB14589-93)规定废物在核电厂暂时贮存库的暂存时间不应超过 5 年,其设计贮存量不超过核电厂 5 年所产生的废物量;《放射性污染防治法》<sup>[7]</sup>和《放射性废物安全管理条例》要求国务院核工业行业主管部门会同国务院环境保护主管部门编制放射性固体废物处置场所选址规划,适时建成放射性固体废物处置场,有关地方人民政府应当根据选址规划提供放射性固体废物处置场所的建设用地和支持放射性固体废物的处置。但随着核电发展速度的加快,放射性废物处置建设严重滞后的问题日益突出。截至目前,我国已建成运行的低中放固体废物处置场共有 2 座,分别是 1998 年和 2000 年建成的西北处置场和广东北龙处置场<sup>[1]</sup>,批准的处置容量为 6 万 m<sup>3</sup> 和 8 万 m<sup>3</sup>,远低于核电厂运行固体废物的积存量,并且西北处置场并不主要针对核电厂产生的废物,北龙处置场的运行前景存在不确定因素。因此,我国现有的处置场规模远远不能满足核电厂送交处置的需求,造成其废物积存量超出暂存库设计容量。

为解决废物无法送交处置问题,部分核电厂考虑新增核电厂暂存库的容量和增加固体废物暂存时间,但从环境安全和资源经济角度,这种做法

是不适宜的。因此,如何破解目前的困境是核电厂亟需解决的问题。

出现上述困境的直接原因是放射性固体废物处置场所选址规划进展缓慢和废物产生单位与处置单位对推动废物处置缺乏积极性,深层原因是废物处置责任划分不明确、核电发展规划对发展效益与环境代价的协调统一考虑不足、以及资金保证和管理制度的缺失、法规标准的不健全等。

(1) 依照《放射性污染防治法》的要求,我国已完成放射性固体废物处置场所选址规划的起草工作,目标是在 2020 年前,完成华南、华东、西北、西南和北方地区 5 个区域处置场选址及首期工程建设,规划容量为 100 万 m<sup>3</sup>。但目前规划进展缓慢,无法起到推动处置场开发工作的作用。

(2) 虽然部分核电厂的固体废物积存量已接近或超出暂存库的设计容量,但其考虑的主要解决方案是在厂内建造新的暂存库或送出暂存。同时,国内专门从事废物处置的单位也无新处置场的选址和工程开发计划。

(3) 根据“污染者治理和付费”的原则,废物产生单位对废物的最终处置具有直接责任,但从核电行业发展和放射性废物特殊性角度,放射性废物的处置需要在国家层面进行统筹考虑,因此国家是放射性废物处置的最终责任者。我国现有的放射性废物管理法规体系并未体现这一点,同时核电发展与放射性废物管理的国家职能分属不同机构,造成核电发展难以与废物处置规划同步,低中放废物区域处置政策难以得到有效落实。

## 3 破解我国核电厂低中放固体废物处置困境的政策建议

核事故与放射性废物处置安全是影响公众对核电安全认识的两个重要因素,也是核电可持续发展的制约因素。针对我国核电厂面临的低中放固体废物处置困境,建议从推进废物处置和促使核电厂送交处置两方面制定政策,包括加快出台放射性固体废物处置选址规划;建立独立的放射性固体废物处置公司;建立和完善放射性废物管理资金保证制度。

(1) 加快出台放射性固体废物处置选址规划。《放射性废物处置选址规划》应与《核电安全规划》和《核电中长期发展规划》同步实施。选址规划进

(下转第 13 页)



cute toxicity test [S].

- [10] 赵学兰. 蚯蚓超氧化物歧化酶理化性质及其提取条件的研究[D].天津:天津师范大学,2006.
- [11] 王晓蓉,罗义,等.分子生物标志物在污染环境早期诊断和生态风险评估中的应用[J].环境化学,2006,25(3):320~325.
- [12] 杨晓霞,张薇,曹秀凤,等.亚致死剂量铜对蚯蚓P450酶和抗氧化酶活性的长期影响[J].环境科学学报,2012,32(3):745~750.
- [13] 刘慧,王晓蓉,王为木,等.低浓度锌及其EDTA配合物长期暴露对鲫鱼肝脏锌富集及抗氧化系影响[J].环境科学,2005,26(1):173~176.
- [14] Tuomas Lukkari, Mirka Taavitsainen, Markus Soimasuo, Aimo Oikari, Jari Haimi. Biomarker responses of the earthworm *Aporrectodea tuberculata* to copper and zinc exposure: differences between populations with and without earlier metal exposure [J]. Environmental Pollution. 2004, 129, 377~386.
- [15] Van der Oost R, Beyer J Vermeulen N P E. Fish Bioaccumulation and Biomarkers in Environmental Risk Assessment: a Review [J]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2003, 13: 57~149.
- [16] Kagi J H R. Overview of metallothionein [J]. Methods Enzymol, 1991, 205: 613~626.
- [17] 陈春,周启星.金属硫蛋白作为重金属污染生物标记物的研究进展[J].农业环境科学学报,2009,28(3):425~432.
- [18] 陈春,周启星.金属硫蛋白作为重金属污染生物标志物的研

究进展[J].农业环境科学学报,2009,28(3):425~432.

- [19] Mason A Z, Jenkins K D. Metal detoxification in aquatic organisms [M]// Tessier A, Turner D R, (Eds.). Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. John Wiley and Sons Ltd.. London. 1995: 479~608.
- [20] Covalletto M, Ghezzi A, Burlando B, et al. Effect of hydrogen peroxide on antioxidant enzymes and metallothionein level in the digestive gland of *Mytilus galloprovincialis* [J]. Comp Biochem Physiol, Part C, 2002, 131(4): 447~455Z.
- [21] Rajaguru P, Suba S, Palanivel M, et al. Genotoxicity of a polluted river system measured using the alkaline Comet assay on fish and earthworm tissues [J]. Environmental and Molecular Mutagenesis, 2003, 41(2): 85~91.
- [22] Zheng S. L., Song Y. F., Qiu X. Y., et al. Annetocin and TCTP expressions in the earthworm *Eisenia fetida* exposed to PAHs in artificial soil. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2008, 71: 566~573.
- [23] Oumi T., Ukena K., Matsushima O., et al. Annetocin, an annelid oxytocin-related peptide, induces egg-laying behavior in the earthworm, *E. fetida*. J. Exp. Zool., 1996, 276: 151~156.
- [24] Bommer U.A., Thiele, B.J. The translationally controlled tumour protein (TCTP). Int. J. Biochem. Cell B., 2004, 36: 379~385.

—————  
(上接第 3 页)

展缓慢的主要原因是地方政府和公众的利益难以协调,根本原因是核电发展与放射性废物管理的国家职能的割离、核电发展经济效益与环境代价的割离,以及对放射性废物安全缺乏社会共识,因此应在选址规划中处置场所在区域进行经济和政策补偿,并将废物处置规划应列入核电厂规划中作为先决条件考虑,同时开展处置安全公众可接受性和处置决策方法的研究。

(2) 建立独立的放射性固体废物处置公司。目前国内的废物处置单位都属于某个核电集团单位,不利于从国家层面对固体废物处置工作进行统筹规划和实施。应建立独立于核电单位的放射性固体废物处置公司,并从法律上明确其作为放射性固体废物处置国家责任的实施者。

(3) 建立和完善放射性废物管理资金保证制度。完善的资金保证制度是处置场选址规划得以有效实施的基础,也是促使核电厂将废物送交处置的重要手段。资金应来自于处置费用的预提、废

物暂存保证金(随暂存量增大、暂存时间增加而增加)的预提和罚金等,主要用于废物处置的研发、处置场建造、运行、对当地公众的补偿等活动。建议设立由监管机构、核电主管部门等组成的基金管理委员会和核电单位组成的基金监督委员会,分别负责基金的使用管理和监督。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国《乏燃料管理安全与放射性废物管理安全联合公约》第二次国家报告[R].北京,2011.
- [2] GB14589-1993. 核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规范[S].
- [3] 罗上庚.放射性废物管理处理与处置[M].中国环境科学出版社,北京,2007.
- [4] 中华人民共和国国务院.放射性废物安全管理条例[G].2011-12-20.
- [5]《中华人民共和国放射性污染防治法》,2003-06-28.
- [6] 中华人民共和国国务院.关于我国中、低水平放射性废物处置的环境政策(国发[1992]45号),1992.