

Radioactive
Waste
Management

放射性废物管理

(二)

马明燮 主编



海洋出版社



放射性废物管理

(二)

马明燮 主编

海洋出版社

1992年 北京

内 容 简 介

本文集收录了放射性废物管理的政策、放射性废物处置和处理、放射性废物运输和包装以及放射性排出流对环境的影响等方面有关管理活动、运行经验和科研工作等的论文报告和综述评论共29篇。

本文集可供从事核工业、核电站放射性三废治理和辐射环境保护工作的科技人员、管理人员参考，也可供大专院校有关专业师生参考。

RESUME

The 29 articles (papers, reports and comprehensive reviews) included in this proceedings cover various aspects in radwaste treatment and disposal such as guiding principle and strategy, management activity, operation experience, R & D work, safety and environment evaluation.

Being a reference book, the proceedings is valuable not only to the technical and administrative personnel engaged in environmental protection in nuclear industry, but also to the university teachers and students in related speciality.

(京)新登字087号

放 射 性 废 物 管 理

(二)

马明燮 主编

海洋出版社出版发行(北京复兴门外大街1号)

中国辐射防护研究院科技文献印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16·印张: 9·字数: 216千字

1992年5月第一版·1992年5月第一次印刷

印数1—1500

ISBN 7-5027-2425-7/X·33

定价: 7.60元

前 言

1990年11月20—23日，由中国环境科学学会、中国核学会和中国海洋环境学会在桂林召开了“第二次全国放射性废物管理学术交流会”。这次会议共收到和交流论文报告近60篇，反映了我国自1986年“第一次全国放射性废物管理学术交流会”（该次会议文集《放射性废物管理》已由原子能出版社出版）以来，在放射性废物处理和处置、城市放射性废物管理、放射性废物的运输和包装以及放射性排出流对环境的影响等放射性废物管理的各个方面所取得的科研成果；会议还对放射性废物处置等方面的技术政策、组织管理、经费等进行了深入讨论，取得更多的共识。这里我们选择其中的29篇汇编成册予以出版。本书可供从事放射性废物管理、辐射防护和环境保护等专业的技术和管理人员参考，也可供大专院校有关专业师生参考。

本文集由马明燮主编，参加审稿和编辑工作的有罗上庚、李学群、赵亚民、孙明生和李新邦。

由于我们水平所限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1991年12月

放射性废物管理

(二)

目 录

必须高度重视放射性废物的治理(代序).....芦荣光(1)

政策讨论与综述

我国低中放废物处置场建设前期工作规划设想.....李学群 陈 式 李新邦(2)

核能发展与放射性废物管理.....张坤民(5)

再论低中放废物处置场的建设问题.....罗上庚 李学群(9)

放射性废物与环境保护.....赵亚民 金家齐(12)

√ 金属熔炼去污与放射性废物管理.....任宪文(15)

美国低放废物处置概况及其经验和教训.....罗上庚 于承泽 张英杰(19)

国内外大体积浇注水泥固化放射性废物工艺的研究与发展.....
.....孙明生 史庆芳 马小敏等(25)

放射性废物处置

中低放废物处置的质量保证.....孙明生(31)

秦山核电厂低中放废物处置场场址初选调查简介.....黄雅文执笔(35)

锶、铯、钴在页岩和黄土中的动态迁移研究.....李慎堂 王 辉 游志钧(40)

地质介质对放射性核素迁移的阻滞作用.....闵茂中(46)

放射性废物处理

√ 放射性废物热解焚烧处理的实验研究.....马明燮 邱明才 王培义等(50) ✓

放射性有机废液焚烧装置的热运行.....阎克智 张振涛 范显华等(55)

活性炭除碘性能检验的试验装置研制.....贾 明 黄毓英 吴彦伟等(60)

大体积浇注水泥固化有机废液的配方研究.....杜大海 龚 立 程 理(65)

高放废液的处理与处置.....张吉富 于喜来(74)

上海市城市放射性废物处理基地的处理设施与工艺流程.....
.....张银生 陈宗明 戴继伟(77)

上海市城市放射性废物贮存库概况.....张银生 陈宗明 戴继伟(81)

- 活性炭滞留床在压水堆废气处理中的应用.....郭亮天 史英霞 王瑞云(85)
深床碘吸附器的研制.....吴彦伟 贾明 路学诗等(89)
放射性纱罩废水处理工艺的研究.....李金全 吴锦海 刘伟琪等(93)
秦山核电厂放射性固体废物管理探讨.....缪宝书(96)
高酸度、高盐份含铀废液的处理研究.....王道奎 辛淑清 宋金海等(100)

放射性废物运输和包装

- 核电厂中低放固体废物的厂外运输问题.....陈式 汪佳明 李学群等(103)
玻璃钢废物容器应用前景探讨.....刘伟琪 李金全 王力(108)

放射性排出流对环境的影响

- 试论几种核素对秦山核电站邻近海域的影响.....蔡福龙(111)
秦山核电厂放射性废液排放对杭州湾海水环境的影响.....邱曼华 曾宪章(116)
放射性废液通过地层入渗对地下水的污染分析.....李健 赵科 高应为等(122)
Abstracts of Original Articles.....(128)

RADWASTE MANAGEMENT

Vol. 2

CONTENTS

The Great Importance of Radioactive Waste Management.....	Lu Rongguang (1)
Consideration of the Early Stage Project of Low and Intermediate Level Radioactive Waste Disposal.....	Li Xuequn Chen Shi Li Xinbang (2)
Nuclear Energy Development and Radioactive Waste Management.....	Zhang Konmin (5)
Another Discussion on the Construction of Low and Intermediate Level Radioactive Waste Disposal Site.....	Luo Shangen Li Xuequn (9)
Radioactive Wastes and Environment Protection.....	Zhao Yamin Jin Jiaqi (12)
Matal Melting Decontamination and Radioactive Waste Management.....	Ren Xianwen (15)
Activities, Experiences and Lessons of Low-level Radwaste Disposal in USA.....	Luo Shanggeng Yu Chengze Zhang Yingjie (19)
Research and Development of the Technology of In-situ Cement Immobilization of Radioactive Wastes.....	Sun Mingsheng Shi Qinfan Ma Xiaomin et al. (25)
Quality Assurance for Radwaste Disposal.....	Sun Mingsheng (31)
Preliminary Site Investigation for Disposal of Low and Intermediate Level Radwastes.....	Written Actually by Huang Yawen (35)
Migration of Sr, Cs and Co in Shale and Loess-column Infiltration Experiments.....	Li Zhentang Wang Hui You Zhijun (40)
Mechanisms of Retardation of Radionuclide Migration in Geologic Media.....	Min Maozhong (46)
Experimental Study on Pyrolysis Incineration Process for Radioactive Wastes.....	Ma Mingxie Qiu Mingcai Wang Peiyi et al. (50)
The Hot Demonstration Operation of the Incinerator.....	Yan Kezhi Zhang Zhentao Fan Xianhua et al. (55)

Research on Apparatus of Radioiodine Testing of Nuclear-grade Activated Charcoal.....	
.....Jia Ming Huang Yuying Wu Yanwei et al. (60)	
Formulae Study of Cementation of Spent Organic Solvent.....	
.....Du Dahai Gong Li Cheng Li (65)	
Vitrification and Disposal of High Level Liquid Waste.....	
.....Zhang Jifu Yu Xilai (74)	
Treatment Processes and Facilities of Municipal Radioactive Wastes.....	
.....Zhang Yinsheng Chen Zongming Dai Jiwei (77)	
Storage Facility for Municipal Radwastes.....	
.....Zhang Yinsheng Chen Zongming Dai Jiwei (81)	
Application of Charcoal Delay Bed in Off-gas System of PWR.....	
.....Guo Liangtian Shi Yingxia Wang Ruiyun (85)	
Development of Deep-bed Iodine Adsorber.....	
.....Wu Yanwei Jia Ming Lu Xueshi et al. (89)	
Study on the Treatment of Radioactive Waste Water Generated from Gas Mantle Production.....	
.....Li Jinquan Wu Jinhai Liu Weiqi (93)	
Discussion on Solid Radwaste Management at the Qinshan NPP.....	
.....Miao Baoshu (96)	
Treatment of Uranium-containing Liquid Waste with High Acidity and Salt Content	
.....Wang Daokui Xin Shuqing Song Jinhai et al. (100)	
Some Aspects of Off-site Transportation of Low and Intermediate Level Radioactive Wastes from NPP.....	
.....Che Shi Wang Jiaming Li Xuequn et al. (103)	
Prospect of the Application of Fibre-glass Reinforced Plastic Drums for Radwastes.....	
.....Liu Weiqi Li Jinquan Wang Li (108)	
The Impact of Some Nuclides Discharged from Qinshan NPP on the Coastal Waters.....	
.....Cai Fulong (111)	
The Impact of the Radioactive Effluent Discharged from Qinshan NPP on the Aquatic Environment of Hangzhou Bay.....	
.....Qiu Manhua Zeng Xianzhang (116)	
Groundwater Contamination by Radioactive Liquid Waste Infiltrating Through Ground.....	
.....Li Jian Zhao Ke Gao Yingwei et al. (122)	
Abstract of Original Articles.....	(128)

必须高度重视放射性废物的治理（代序）

芦荣光

（中国核工业总公司）

放射性废物的管理和治理极为重要，如果处理不当，发生事故，就会产生危害和严重的影响。现在许多国家对放射性废物的管理和治理问题越来越重视，如有些国家已制定了放射性废物管理和治理的研究、实施规划；有些国家继续在为中低放废物开发效率更高、更好的处理和处置技术；有些国家已试验成功对高放废物的处理方法，并已形成商业规模，如高放废物的玻璃固化；许多国家正在研究和实施高放废物的处置技术，如深地层处置等。由于核电作为一种比较经济、安全、清洁的先进能源已逐渐被各方面所承认，将来世界上核电站必将继续发展。核电站不断地产生大量放射性废物（包括核反应堆的乏燃料等），而已运行多年的核电站反应堆也将按期退役，退役时也要产生大量放射性废物，因此世界上放射性废物总量（主要为核电站产生的）将不断增加。这些放射性废物必须进行严格的管理和妥善的治理，防止污染，确保环境和公众的安全。

我国核电站正在建设中，目前尚无核电站放射性废物产生，但我国核工业三十多年来产生的放射性废物的数量是相当大的，这些放射性废物大多还是暂时贮存，有待处置。虽然暂存放射性废物的钢罐等均设有一定的屏蔽、防护、监测装置和措施，但多年来暂存的放射性废物已积累有相当数量，且存放放射性废物的装置如钢罐等，经过多年的使用已有一定的腐蚀现象。长期暂存大量放射性废物，其潜在危险是极为明显和严重的，需要及早按规定予以治理，解决这一隐患。

我国对放射性废物管理非常重视，国内许多单位、团体和专家对放射性废物的治理也提出过很多很好的意见。为了安全处置核工业和核电站产生的放射性废物，促进核电和核工业的发展以及核技术和放射性同位素的广泛应用，建议：

1. 加强对放射性废物治理的宣传。既要使广大公众对“放射性废物管理好、治理妥善，就没有危害”有正确的理解，又要使有关部门和领导认真重视放射性废物的治理工作。
2. 国家主管部门要统一组织关于放射性废物的管理、处理和处置的近、远期规划。特别对核工业遗留的放射性废物的处理和处置工作要列入国家计划。
3. 在统一领导下组织制定或健全有关放射性废物管理和治理的法规、标准、制度和必要的政策。
4. 对核设施的建设，必须严格按国家规定对三废处理设施项目实行“三同时”，即必须与主体工程配套规划、设计、施工并投入使用。
5. 根据核设施位置分布地区情况，中低放废物宜实行区域处置方针，高放废物宜实行全国集中处置的方针。在地方协助下建设若干区域性中低放废物处置场，并根据研究试验进展情况建设集中的高放废物处置场。
6. 加强对放射性废物管理、处理、处置等的科研工作。

政策讨论与综述

我国低中放废物处置场建设前期工作规划设想

李学群

(中国核工业总公司)

陈式 李新邦

(中国辐射防护研究院)

本文分析了我国核工业低中放废物产生和处理的现状,并对核电发展将产生的低中放废物作出预测,介绍了目前低中放废物处置的状况和存在的问题,对处置场建设前期工作的规划提出一些设想和建议。

(关键词:低中放废物,处置,处置场,核工业,核电站,规划,设想)

我国核工业已经积累了相当数量的低中水平放射性固体废物,这些废物日益成为各核企事业单位的一个重大安全问题。随着核电站建成投产和核设施退役,将有更多的低中放固体废物产生,并需要妥善地加以处理和处置,建设低中放废物处置场已经提上了议事日程。为此,中国核工业总公司在近十年来,对废物处置从政策、法规、发展规划、管理体制、场址选择、工程技术和安全评价等各方面进行了初步的准备。但由于目前国家还没有明确的技术政策和法规,缺乏健全的管理机构,再加之经费困难,使该项工作还停留在学术研究、政策探讨和选址调研阶段,尚不能满足当前放射性废物处置的需要。

本文就有关低中放固体废物的现状和预测、建设低中放废物处置场的规划设想等问题提出一些看法和建议。

一、低中放固体废物的现状和预测

我国核工业在过去三十多年运行中积存了约 5万m^3 低中放固体废物,包括浓缩废液在固化后将产生的固化体。在今后十年核设施退役过程中,预计还将产生大致相同数量的废物。

根据核电站近期发展计划,按照国际上通用的估算方法和参数,每 100万kW 标准轻水堆每年运行将产生 550m^3 低中放固体废物;运行四十年后,在退役时又将产生大致同样多的同类废物。因此,可以预测低中放固体废物产生总量约为 38万m^3 。如果核电发展规模扩大,则废物量将相应增加。综合核工业和核电站的情况,积累的和将产生的约几十万 m^3 低中放固体废物需要加以处置。

过去核工业没有及时解决低中放废物处置问题,特别是那些长期贮存于“暂存库”中的固体废物已很难回取和转运,一旦建筑物寿命到期或大量雨水意外漏入,将可能造成放射性核素的释放和迁移。新建的核电站和其他核设施从开始运行就应妥善考虑废物的

处置，规定低中放固体废物在厂区暂存期限不得超过5年是确保安全的必要措施。这样做还可以缩小暂存库的规模和降低其建造标准，在经济上也是合理的。

现在中国核工业总公司已取得这样一个共同认识：必须把建设低中放废物处置场作为发展核电和进行核设施退役的必要条件，这也是国家环保和安全监督部门审查核设施安全分析和环境影响评价的一项重要内容。

二、建设低中放废物处置场的规划设计

低中放废物处置场不仅服务于核电站和核工业，而且将促进放射性同位素、辐照技术和其他核技术的发展和广泛应用。根据低中放废物分区域处置的方针和低中放废物的分布，近中期需要建设华东、华南、西北、西南和东北等5个区域性的低中放废物处置场。上述处置场除东北可以缓建外，其他区域宜在2000年前完成一期工程并投入使用。实现上述目标将基本满足核工业和核电站运行、核设施退役及其他方面对低中放废物处置的需要。以上5个处置场的规模和建造经费的估算情况列于表1。由于处置场一般都是边开挖边使用的，故它的基建经费并不是一次投入的。

表1 低中放废物处置场的建造经费初估

名称	有效容量*, 万m ³	总经费, 万元	2000年前所需经费, 万元
华东处置场	20	5000	3000
华南处置场	20	5000	3000
西北处置场	20	3000	2000
西南处置场	5	2000	1500
东北处置场	20	5000	
合计		20000	9500

*可视情况分期建造。

低中放废物处置场的建设程序具有不同于一般核企业的明显特点。由于废物处置活动将使相当数量的放射性物质埋入地下，并依靠地质屏障、工程屏障和辅助性的管理措施确保500年安全处置，直至放射性物质衰变至无害水平为止。因此，在处置场开始建造前必须进行较长时间的选址和安全评价，并通过法定的审批手续。国外低中放废物处置场的建设周期在顺利的情况下为5—7年，其中用于选址和安全评价的时间长达4—5年，实际建造的时间反而较短。选址工作包含大量的野外调查、钻探、测试和现场试验，其地质工作深度在某些方面（如水文地质、地球化学等）超过了核电站选址的要求。以上情况决定了建设低中放废物处置场必须重视前期工作。目前前期工作经费得不到保证是处置场建设进展迟缓的重要原因。

三、前期工作内容和“八五”期间工作建议

建设一个低中放废物处置场所需要的前期工作包括处置技术路线的选择、区域调

查、场址初选、场址确定、安全性试验、安全评价、概念设计和初步设计等，前期工作内容与特定处置场的条件有密切关系。下面列举了在一般情况下前期工作的主要技术内容。

1. 调查每个区域的地质、水文地质、环境生态和社会经济条件，从每个区域中推荐若干个拟选场区。

2. 对拟选场区进行现场踏勘，提出约20个以上的预选场址。在综合评价和少量钻探测试的基础上推荐一个或几个候选场址。

3. 根据场址条件进行废物处置系统的概念设计。

4. 编写可行性研究报告、选址阶段的安全分析报告和环境影响报告。

5. 对审定的一二个场址进行详细的场址特性评价，内容包括：（1）野外地面勘测和钻探；（2）野外水文地质和工程地质参数测定，如抽水试验、注水试验、地下水示踪试验、单井稀释试验、非饱和带试验、物探、断裂活动年龄测定等；（3）实验室内水文地质和工程参数测定，如岩土孔隙度、渗透系数、颗粒度、比重、不同深度岩芯样特征、岩土矿物组成和化学成分、地表水和地下水水质全分析、地下水放射性本底调查、核素迁移试验、地球化学研究、地下水年龄测定、岩土力学参数测定等。

6. 处置方案、工程技术和工程屏障参数的确定，内容包括：（1）浅埋处置或岩洞处置方案的确定；（2）工程技术的选择和工程屏障参数的测定，如浸出试验、包装容器腐蚀试验、回填材料试验、顶盖试验，以及其他类型处置单元的结构和材料试验等。

7. 对特定处置系统的安全评价技术研究，内容包括：（1）评价模式和计算机程序的适应性研究和开发，其中特别需要加强整体模式、工程屏障失效模式、包气带核素迁移和水分运移模式、地下水核素迁移和水分运移模式，以及概率风险分析和评价等方面的工作；（2）评价模式的不确定性分析、敏感性分析和模式的证实；（3）关键核素、关键途径和关键居民组的落实，食物链等生态调查和转移参数的测定。

8. 在初步设计的基础上，编写设计阶段的安全分析报告和环境影响报告。

9. 前期工作的质量保证，包括制定质量保证大纲并组织实施等。

由于以上工作的内容绝大部分都是针对特定场址和特定处置系统的，故对各区域处置场都要进行。建议华东、华南、西北和西南四个处置场的选址和其他主要前期工作任务在“八五”期间完成。这将为在2000年前建成四个低中放废物处置场一期工程打下牢固的基础。

前期工作经费估算考虑了不同地区费用水平的差异和现有工作基础的差别，估算结果列于表2（不包括初步设计费用）。

前期工作的时间安排应根据各大区域对废物处置需求的紧迫性、选址条件的成熟性和各有关方面对工作支持的程度进行通盘考虑，排出顺序，避免一拥而上，造成技术力量分散，不能保证工作质量。初步建议的工作时间列于表2。

近几年，中国核工业总公司对低中放废液大体积浇注水泥固化浅埋处置和低中放废液页岩层水力压裂处置两项前期工作均做到场址确定深度，而华东、西北和西南三个处置场的前期工作也都进入场址初选阶段。通过以上工作积累了宝贵的经验，并把技术队伍组织起来。

表2 “八五”期间低中放废物处置场建设前期工作经费

处置场	前期工作经费, 万元	前期工作时间
华东处置场	250	1993—1995年
华南处置场	300	1991—1994年
西北处置场	150	1992—1993年
西南处置场	200	1993—1995年
合 计	900	

另外, 我们在中低放废物处置方面同一些国家和机构开展了合作, 取得很好的成果。这些都是在“八五”期间开展和完成低中放废物处置场建设前期工作的有利条件。

低中放废物处置场的建设需要得到各方面的支持, 以加快工作进度, 尽早建成我国低中放废物处置场, 为促进核电和核工业的发展及核技术的应用提供保障。

核能发展与放射性废物管理

张坤民

(国家环境保护局)

本文讨论了核能发展的必要性, 提出我国发展核能需要开展广泛的国际合作, 强调了加强放射性废物管理和其他安全工作对发展核能的重要意义。

(关键词: 核能, 放射性废物管理, 安全管理)

经过近40年的努力, 目前核能已在全世界得到广泛应用。有31个国家建有核电站, 年发电量已达全世界用电的17%。今后, 核能还将以一定的速度持续增长, 所占总发电量的比例也将增大。本文将讨论发展核能的必要性, 分析加强放射性废物的治理和管理对核能发展的意义。

一、发展核能的重要性

1. 能源需求的趋势

据国际原子能机构(IAEA)统计, 1986年我国人均电力消耗量只有480度, 到2000年, 我国电力增长要从现在的1.2亿kW装机容量增加到2.5亿kW以上, 平均需要每年增加1300万kW的电力。即使水电能够加快发展, 使今后十年煤电的比例从80%降到70%, 每年煤电增加量仍需要920万kW以上, 这就要求原煤生产能力每年递增2700万t, 而这远高于目前全国统配煤矿的实际增长率。我国可供开发的水电资源有3亿多kW, 但多在西南。建国后水电资源虽经大力开发, 迄今仅利用5%左右, 到2000年水电利用最多也不会超过30%。因此, 核电作为解决我国能源需求的重要途径之一, 必须提到议事

日程上。

2. 经济比较的趋势

发电厂的成本，无论用核能，还是用煤炭、石油或天然气发电，都要受到以下因素的制约：（1）发电厂基建费用；（2）通货膨胀的影响；（3）规划、批准以及基建所费的时间；（4）燃料费用和设备维修成本；（5）为确保安全运行而采取的防护措施的费用；（6）废料处理费用（土地、大气和水污染控制）以及电厂寿期终结时的退役费用。所有这些因素随不同国家各自不同的机构、法律以及财政安排而有所差异。

尽管核电站的基建费用高、建设周期长，但各国核电成本仍比煤电低15%到85%。这主要是因为核电燃料费在运行成本中占不到四分之一，而煤电却占60%以上。

3. 环境保护的趋势

早在七十年代，国内外不少专家就已着手分析核电与煤电排出物对环境的影响，明确提出了“从保护环境角度看，有必要加快核电建设”。

近年来，随着新的全球环境保护高潮的掀起，矿物燃料已经成为持续发展的难题，因为它会造成三种互为关联的大气污染问题：（1）全球性气候变暖；（2）城市工业化大气污染；（3）环境的酸雨问题。世界气象组织（WMO）和联合国环境规划署（UNEP）共同组织的专家研究表明：工业化前，大气中CO₂的浓度按体积计是280ppm，1990年已达340ppm，随着经济发展，预计在21世纪中期到末期，CO₂浓度有可能达560ppm，即翻一番。由此产生的“温室效应”，可能导致全球平均表面温度上升1.5—4.5℃，海平面上升25—140cm，许多国家的经济、社会乃至政治结构都将面临灾难。

如何找到一条可行的道路，它既能避免大量排放CO₂而又不降低经济发展速度呢？从能源政策方面考虑，除了尽可能地提高能源效率之外，就是要寻找合适的替代能源。

过去二十多年中，全球核能每年以约15%的增长速度曾给人们留下极为深刻的印象。切尔诺贝利事故之后，一些国家对核能的态度发生很大变化。各国政府的立场大体有以下三种：（1）保持无核状态并开发其它能源；（2）认为本国目前的核电容量是必需的，但在一定时期内将过渡到选择更为安全的能源；（3）采用并开发核能，认为其伴随的问题与危险可以解决也必须解决，能达到国内和国际上都可接受的水平。中国、德国、法国、日本、波兰、英国、美国和前苏联持最后一种立场，而澳大利亚、奥地利、丹麦、卢森堡、新西兰、挪威和瑞典持无核或逐步排除的政策，芬兰、意大利、荷兰、瑞士和南斯拉夫则在重新研究。

世界环境与发展委员会（WCED）的结论是，“只有在核能所带来的问题切实得到解决之后，核能生产才是站得住脚的。因此，研究和开发于环境有益又经济可行的替代能源，以及研究和开发提高核能安全性的方法，应当放在最优先的地位”。

总之，在没有可行的新的替代能源的情况下，核能必然要作为一个强有力的竞争者出现在世界上，也出现在我国。这是大势所趋。

二、核能发展中的国际合作

到1988年底止，世界上已有429座商用反应堆在运行，积累了5040堆·年的经验。

因此，从多方面积极开展国际合作显然是对我们有益的。

1. 经济合作

对于核电站建设（包括放射性废物管理）的资金问题，可以考虑通过国际债券方式集中游资，或利用国际低息贷款来解决。据报道，印度从九十年代起，出售核电收入将超过每年核电基建投入（约10亿美元），到2000年，核电收入将每年超过25亿美元，下世纪初可收回全部投资（指1000万kW）。现在国际上对全球环境问题如此关切，有无可能借机利用外资兴建核电站和解决废物问题，这值得探讨。

2. 法规合作

WCED曾经提出，由于核能有潜在的跨国界影响，关键是需要各国政府进行合作，制订出国际上都能接受的关于核能的技术、经济、社会（包括人类健康和环境各方面）以及政治等各项因素在内的行动准则。特别是希望在以下具体项目达成国际协议：（1）各国政府全面批准国际原子能机构（IAEA）新近制定的《核事故尽早通知公约》和《地事故或放射性紧急事件援助公约》；（2）事故应急训练，包括事故控制以及受影响核区、人员以及生态系统的去污和长期净化；（3）所有的放射性物质（包括燃料、乏燃料及废物）通过陆地、海洋或空中的跨国界运输；（4）责任和赔偿的实施准则；（5）操作人员培训和国际性许可证发放的标准；（6）关于反应堆运行，包括最低限度的安全标准；（7）核装置的常规排放和意外排放的报告；（8）有效的、国际协调的最低限度的辐射防护标准；（9）一致同意的选址标准以及与核能有关的重要民用装置定点前的协调和通知；（10）废物贮存库的标准；（11）到期的核反应堆的去污和退役；（12）发展核动力运输所带来的问题。

对于WCED的建议，需要组织专家认真进行论证或参加其磋商工作。如协定内容无损于我国利益和发展中国家利益，应当积极合作。

3. 技术合作

国际原子能机构（IAEA）在1989年5月向联合国提交的一份题为“核能与环境”的报告中说：“放射性废物管理与处置的目标在于将其控制、包容并与生物圈隔离，以保护环境和防止健康危害。尽管WCED声称‘放射性废物处置问题尚未解决’，这只是反映了一般公众的认识，而本机构所会见的科学家们和工程师们，一些年来始终认为，对于安全处置任何放射性废物，包括乏燃料这样的高放废物，已经不需要额外的技术突破了”。

IAEA的报告还强调，放射性废物同工农业生产产生的废物相比，特点是数量很小，并且其危害将随着时间而减少，而一个燃煤电厂除了释放大量的CO₂、SO₂和NO外，还会产生大量有毒的重金属，这些重金属的数量比生产同样电力的核电站的乏燃料总量还要多，并且这些重金属将永远保持毒性。IAEA的报告中还列举了它的若干具有环境内容的核能计划。

IAEA早在六十年代就出版了一系列安全丛书，涉及放射性废物处置到海洋、地下、河流、湖泊和海湾，以及核电站废物管理和同位素废物的管理。此外，低中放废物的处理也早被包括在一系列技术报告丛书中。

然而，到了七十年代，由于对环境问题的关注日益增加，使许多国家更加重视放射

性废物管理。因而，IAEA也相应地增加了对废物管理的重视。这些年来，废物管理问题一直是一系列国际会议和研讨会的主题，这些会议从1959年开始一直在频繁召开。

三、加强放射性废物管理的重要性

可以说，核反应堆是一只真老虎，只是把它装进了笼子里，才变得不会伤人。我们的责任就是要把笼子做得牢牢的，不要让这只核老虎跑出来。为了达到上述目标，除需作好核电站运行中的安全工作外，很重要的一个方面是需要加强放射性废物的管理。对于核设施和放射性废物，同样也要通过行政、法律、经济、技术和教育各种手段来强化管理，确保安全。

1. 行政手段

目前，我国由国家环保局严格执行核设施和伴有辐射工程项目的环境影响报告书的审评程序和工程项目的审批、验收工作，并初步形成了具备审批、管理、监督监测和废物集中管理等职能的队伍。国家环保局还聘请核科技领域中的专家、学者组成了“专家技术审评组”和“专家审批委员会”，发挥了很好的作用。

但是，必须看到，随到核能利用和核技术的推广，我国的放射性废物管理和放射环境管理任务将会越来越重，因此必须抓紧建立健全管理机构，充实提高监测力量，开展好各项工作。

2. 法律手段

几年来，国家环保局会同有关部门组织制定了30多项与核环境有关且急需的行政法规和技术标准，主要有：《辐射防护规定》、《放射性同位素与射线装置放射防护条例》、《放射环境管理办法》、《城市放射性废物管理办法》、《核电厂环境辐射防护规定》、《核电厂环境影响报告书内容与格式》等。这些法规和标准已经起到了很好的作用。

但是，鉴于核污染防治的复杂性，要建立起完善的放射环境管理法规体系，还有很多工作要做。《核污染防治法》应尽快审批颁布，有关放射性排污许可证以及排污收费办法和标准也急需颁布实施。对本领域的法规体系，需要充分地加以研究和落实，否则就有可能在立法中出现主次不分、缓急不辨的现象，甚至出现法规不配套、法网有缺口的情况。

3. 经济手段

国内外的实践证明，在环境保护中实行“污染者付款原则(PPP)”是十分有效的。要真正解决放射性废物处理、处置的费用(包括土地、大气和水污染的控制)和核设施的退役费用，必须事先以合理的份额计入核能的成本之中。美国的《1982年放射性废物政策法》作出规定，从每度电费中扣出千分之一美元，作为放射性废物管理的专项费用。我国也应考虑，从第1座核电站起，就作出明确规定，以确保有关经费来源。

4. 技术手段

虽然IAEA认为，放射性废物的安全管理不需要额外的技术突破，同时我国也已进行过相当多年的工作并具备幅员辽阔的优势，但是放射性废物管理毕竟是一项高技术、

高敏感的任务,在我国要实现安全管理,还必须认真借鉴国外的经验教训,逐个解决技术难关。应安排出足够的经费,鼓励和支持科技人员开展必要的科学研究,建设示范工程,把有关技术逐一掌握。要同有关部门密切配合,争取建立国家级放射环境管理的技术后援中心,以期把安全管理提高到一个新的水平。

5. 教育手段

公众教育与专业培训,两者不可偏废。要向公众(包括各级领导人、决策者)以各种生动活泼的形式提供足够的科学知识和事实论据,使他们相信,核能并不是一颗隐藏的炸弹,也不是对人类的威胁,从而乐意支持和配合核能的发展。要对专业人员进行严格的培训,使他们既掌握必要的技能,又满怀责任感和献身精神,愿意承担起继往开来的重任。

四、结束语

只要目标明确,同心协力,严格要求,保证投入,安全管理是能够实现的。只有加强放射性废物管理,保障核能利用的安全,才可能使核能利用顺利发展。

再论低中放废物处置场的建设问题

罗上庚

李学群

(中国原子能科学研究院)

(中国核工业总公司)

本文讨论了我国低中放废物建设的有关问题。分析了我国发展核电的必要性及其将要产生的放射性废物的数量,强调指出低中放废物处置场建设的迫切性。并提出一些意见和建议。

(关键词:低中放废物,处置,处置场,核电)

低中放废物处置场的建设已成为人们关注的大问题,这不仅因为核工业积存的大量固体废物需要解决其处置问题,而且我国第一个核电厂即将建成发电,本世纪末核电装机容量要达到6500MWe。放射性废物处置问题不解决,会影响我国核电更大规模发展,也将影响核工业的发展和核技术的广泛应用。

一、发展核电的必要性及其产生的放射性废物

我国电力长期以来供应不足,电力短缺严重制约着我国经济的发展。根据我国石油、天然气和水力资源状况,我国政府已明确规定,核电将是我国中长期电力增长的主要来源,预期到本世纪末核电总量可达到6500MWe。

核电是安全、清洁和经济的能源,但核电厂运行同人类其他一切生产和消费活动一样,不可避免地要产生废物。核电厂运行过程产生的大量废气和废液经过适当净化处理,即可向环境排放。这种排放给公众增加的剂量当量,在正常运行工况下只是天然本