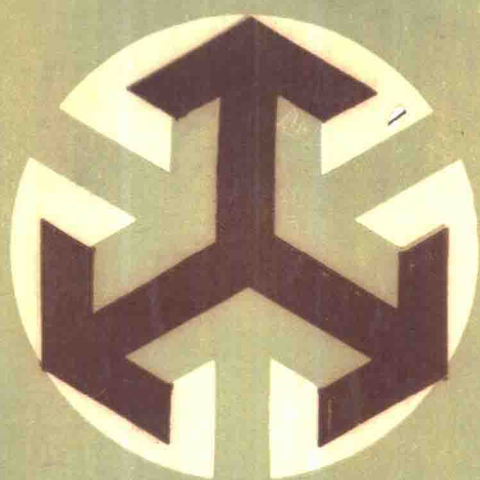


Radioactive Waste Management

放射性废物管理

潘自强 主编



原子能出版社

放射性废物管理

潘自强 主编

原子能出版社

内 容 简 介

本文集选入了与放射性废物处理和处置有关的方针政策、规章制度、管理活动、运行经验、科研工作、以及环境评价等方面的论文报告和综述评论共17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技术人员、管理人员参考,也可供大专院校有关专业师生参考。

RESUME

The 17 articles (papers, reports and comprehensive reviews) included in this proceedings cover various aspects in radwaste treatment and disposal such as guiding principle and strategy, rule and regulation, 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.

放 射 性 废 物 管 理

潘自强 主编

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

香河谭庄印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/16 ·印张7.25·字数171千字

1987年9月北京第一版·1987年9月北京第一次印刷

印数 1—1200

统一书号: 15175·868 定价: 1.85元

ISBN 7-5022-0014-2/TL·3

序

放射性废物来自生产、应用和研究放射性物质的一切过程。随着核能的发展以及放射性核素和核技术应用的推广，放射性废物的数量必然会不断增加。如果对它们不加妥善地处理和处置，就可能给人类健康和环境安全带来威胁，也会使核能的发展和利用受到阻碍，因此放射性废物的安全处理和处置已引起人们广为关注，成为需要认真解决的重大课题。

我国核工业已有30多年的历史，在放射性废物管理方面，已经积累了不少经验，并在多次专业会议上进行过交流和讨论。

中国核学会、中国环境科学学会、中国海洋学会、核工业部科学技术委员会于1986年9月21~28日在湖南联合召开了放射性废物管理讨论会。这次会议收到论文报告近50篇。这里我们选择其中的17篇汇编成册予以出版。本书可供从事三废治理、辐射防护和环境保护等专业的技术人员和管理干部参考，也可供大专院校有关专业师生参考。

本文集由潘自强主编，参加审稿和编辑工作的有罗上庚、陈式、赵明华、李学群、廖玉、韩国光、张恩海。此外，王凤祥、刘其润也参加了部分文章的审读。

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

1987年4月

目 录

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 中低放固体废物管理和处置政策探讨..... | (1) |
| 中低放固体废物处置对策的研讨..... | (5) |
| 放射性废物宏观管理问题的探讨..... | (11) |
| 中国原子能科学研究院放射性三废处理和处置的现状和管理经验..... | (16) |
| 长春市放射性废物库运行20年的效果分析..... | (23) |
| 铀水冶厂尾矿库稳定化治理..... | (27) |
| 铀矿冶放射性废物管理..... | (34) |
| 城市放射性废物的管理..... | (39) |
| 中国古墓葬和中低放废物处置..... | (48) |
| 秦山核电站的放射性废物管理..... | (56) |
| 中国核电站放射性废物处置的地震地质问题..... | (68) |
| 放射性废物处置研究中的岩土力学问题..... | (76) |
| 锶、铯在土壤中吸附行为的研究..... | (81) |
| 放射性固体废物压缩封装机的研制..... | (90) |
| 浅谈铀废石场和尾矿库的辐射环境管理问题..... | (94) |
| 压水堆核电站放射性废物处理..... | (100) |
| 核设施的退役..... | (106) |

中低放固体废物管理和处置政策探讨

陈 式

(核工业部辐射防护研究所)

杨 立 基

(核工业部核工程研究设计院)

李 学 群

(核工业部安全防护卫生局)

阎 克 智

(中国原子能科学研究院)

王 志 雄

(核工业部铀矿地质研究所)

本文概述了我国中低放固体废物管理现状,分析了当前存在的主要问题,并从系统论观点出发探讨了中低放固体废物管理和处置的政策。

(关键词:中低放固体废物;废物管理;废物处置)

我国的核工业在30年发展过程中积存了几万立方米中低水平放射性固体废物和待固化的蒸残液。它们主要来自核反应堆、乏燃料后处理厂和核燃料加工厂,分别含有裂变产物、活化产物、铀和超铀元素。在本世纪内,我国中低放固体废物和废物固化体大部分将由核工业产生;但到下一个世纪,核电站固体废物的数量将逐渐占优势。

一、中低放固体废物管理现状

核工业的中低放固体废物管理已经取得了如下的进展:

- (1) 建立了必要的规章制度,初步实行了废物分类管理。
- (2) 各工厂普遍建设和使用了固体废物贮存库。
- (3) 从固体废物中回收铀取得了显著的成绩。
- (4) 废钢铁的表面去污和回收取得了较大的进展。
- (5) 可燃废物焚烧方面积累了初步的运行经验。
- (6) 正在执行多项固体废物处理技术的开发计划。例如,完成了三向压缩打包机样机的研制;正在进行裂解焚烧炉、高温熔融炉和有机废液焚烧或固化装置的研制,以及废物桶包装系统的运行试验。
- (7) 正在实施两项中低放废物处置技术的开发计划,其中包括中放水泥固化体浅地层处置方案论证和处置场选址与环境影响预评价。
- (8) 在政策研究方面开展了比较活跃的讨论,特别是处置政策研究。核设施退役问题也

列入了议事日程。

(9) 近几年很注意有关放射性废物分类、管理、运输和处置的法规标准的制定，并取得了一定的进展。

中低放固体废物管理目前存在的主要问题如下：

- (1) 对固体废物起宏观控制作用的法规标准还不完善。
- (2) 固体废物管理体制不够健全。还没有建立放射性废物处置的管理机构。
- (3) 在固体废物管理中缺乏全盘经济考虑。
- (4) 缺少能反映固体废物的数量、性质、加工历程和监测结果的完整数据资料。
- (5) 固体废物的减容和包装技术需要进一步改进。

(6) 中低放废物最终处置问题尚有待解决；原有固体废物暂存库使用了20几年，多数固体废物已很难回取转运。

综上所述，固体废物管理已经成为我国放射性废物管理中的薄弱环节，应当引起有关各方的注意。

固体废物管理落后的原因；从历史上看主要是对固体废物的潜在危害认识不足，长期以来只重视废液和废气净化，忽视固体废物管理。近年来一些发达国家对放射性废物管理的重点开始由废液和废气的净化转向固体废物的处置。我们没有及时跟上这一发展。我国中低放废物处置进展迟缓是中低放固体废物管理落后的现实原因。正是由于没有实施废物处置，使中低放固体废物管理在某种意义上成了没有目标的活动。现在看得很清楚，唯有抓住中低放废物的处置，才能够带动整个中低放固体废物的管理工作，就象当年抓住废液和废气的控制排放和环境保护曾经促进了废液和废气的净化系统的建设那样。

二、中低放废物处置政策探讨

1983年核工业部科技委废物管理专业组在《放射性废物处置研究规划建议（修订稿）》中对中低放废物处置政策提出了“建立区域处置场，尽可能就近处置”的建议。所谓区域处置场，就是在国家的统一规划下全面考虑安全、经济、技术、社会诸因素和地理、交通等条件，尽可能靠近现有的或计划中的大型核企业，选择少数几个有利地点建立起来的面向核工业、核电站和核技术应用的大型中低放废物处置场。

中低放废物处置政策有多种可能的选择，如就地处置、区域处置或全国集中处置等。制定政策的出发点应当是从国家的整体利益出发，而不是从一个企业或一个部门的局部利益出发。此外，还应当考虑每种政策的社会后果、舆论反应和对发展核能前途的影响，绝不要由于决策失误而给核能的发展增添障碍。建立区域处置场，尽可能就近处置，是制定政策时应遵守的原则。区域处置政策最大限度地减少了永久性污染源的数目，它比就地处置政策更容易为公众普遍接受。区域处置场选择在比较有利的地点，在环境辐射安全上更有保证，在经济上可以节省工程费用。过去在论证和比较废物处置政策的经济合理性时，片面强调了废物运输费用的作用。其实就地处置固然可以节省运费，但为了就地处置，往往需要在不利的环境条件下花费过多的钱来加强工程屏障，这往往是得不偿失的。当然象中国这样一个幅员辽阔的国家，尽可能靠近大型核企业的区域处置显然要比全国集中处置节省很多运费并大大减少运输中的风险。

应该用立法手段来确立区域处置场的地位。禁止各废物产生单位分散经营各自的中低放废物处置库或把废物暂存库当作永久贮存库使用，并规定中低放废物必须统一由取得国家颁发许可证的区域处置场集中进行处置。区域处置场应实行军民两用，独立经营。

在今后10至20年内，应逐步建成华东、华南、西北、西南等四个区域处置场，以满足核电站和核工业发展的需要。

三、中低放固体废物管理政策探讨

中低放固体废物管理的目标应该是实现安全的和经济的废物处置。固体废物的全部管理活动都要围绕和服从这一目标。换句话说，建立中低放废物区域处置场不是一项孤立的政策，它和中低放固体废物整个管理工作有着密切联系，甚至规定和制约着固体废物管理的其它政策。必须从区域处置政策的角度来观察和解决中低放固体废物管理中一些重要的政策问题，这就是我们的指导思想。

中低放固体废物管理的主要内容可以概括为28个字：控制产生，分类收集，减容固定，可靠包装，就地暂存，安全运输，区域处置。它们之间的相互关系如图1所示。

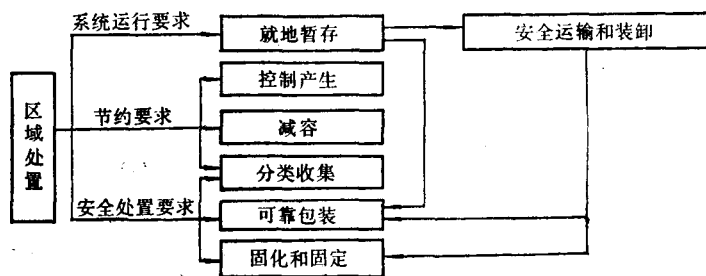


图 1 中低放废物管理系统示意图

本报告就当前迫切需要解决的几个管理政策问题提出如下建议：

1.关于区域处置。应当为中低放废物区域处置场制定一个废物接收标准，规定废物形式和废物包装的性能要求，不符合要求者拒绝接收；规定废物分类计价和按体积收费。这些规定将大大促进各企业在控制废物产生量上和废物分类、减容、去污、回收、固化和包装等方面下功夫。

2.关于就地暂存。为了实施区域处置，各企业必须建立中低放废物暂存设施，并由企业直接管理。暂存库的设计应着重做到回取方便，力求简单实用。应从法律上规定废物转运期限，以保证暂存库不再变成事实上的永久贮存库。

3.关于可靠包装。优良的包装可以发挥多方面的作用。它可以确保搬运安全；有利于废物堆放操作；确保回取的可能性；在处置时提供有效的废物屏障层。无包装或仅以塑料袋、纸箱作为中低放废物包装的无回取可能的作法必须废止。所有废物桶的设计、制造和使用，均需获得国家主管部门的许可证。

4.关于减容固定。控制废物产生量和对废物进行加工处理（压缩、切割、焚烧、去污、回收）以减少最终处置废物的体积，是固体废物管理的基本要求。从废物管理的总体构思出发，建议普遍推广废物桶内单向压缩减容工艺，尽管其压缩比不高，但经济方便，不易产生

二次污染。按照未来处置场的废物接收标准，不仅废液需要固化，而且湿固体也需要固化或干燥，某些分散状态的干固体也可能需要固定，有机废液则需要焚烧或固化。所有固化工艺的选择应考虑减容因素。

5.关于安全运输。区域处置和暂时贮存系统的运行必须有安全运输作保证，而运输和装卸的安全性则依赖于废物包装的质量。除了废物包装容器外还应有废物运输容器。双重容器运输技术已被证明不但可以确保运输安全而且可以降低运输成本。运输容器应发展无屏蔽和有屏蔽两个系列。所有运输容器的设计、制造和使用均需获得国家主管部门的许可证。长途铁路运输与短途公路运输相结合应作为现行的废物运输方针。对于中低放废物的包装容器和运输容器的设计和制造，应使废物运输的风险不高于化工危险品的运输，从而在运输中不再需要专列和专门的护卫。

6.关于补救措施。对于已投入使用的中低放废物永久库和浅埋地要进行安全评价，采取各种有效的补救措施，并加强监测和管理。

DISCUSSION ON STRATEGIES OF MANAGEMENT AND DISPOSAL OF SOLID LOW-INTERMEDIATE LEVEL RADIOACTIVE WASTES

Chen Shi

(Institute of Radiation Protection, MNI)

Yang Liji

(Beijing Institute of Nuclear Engineering)

Li Xuequn

(Bureau of Safety, Protection and Health, MNI)

Yan Kezhi

(Institute of Atomic Energy, China)

Wang Zhixiong

(Institute for Uranium Ore Geology, MNI)

Abstract An overview on the actual status of solid low-intermediate level radioactive wastes management in China is given. Some of existing main problems are analysed. The strategies of management and disposal of the wastes are discussed in light of systematology.

(Key Words: Solid Intermediate-low Level Radioactive Wastes, Waste Management; Waste Disposal)

中低放固体废物处置对策的研讨

李学群

(核工业部安防局)

罗上庚

(中国原子能科学研究院)

本文从中低放固体废物的产生、特点、处置要求、国际现状和经验教训,对我国低中放废物处置的对策提出了建议。

(关键词:中低放固体废物,废物处置)

人口、能源、环境被称为当代世界三大问题。废物的处置与能源、环境都有密切的关系,已受到世界范围的关注。

一、中低放固体废物处置的特点和一般要求

任何生产、使用和操作放射性物质的过程都可能产生放射性废物。从铀矿开采、水冶、同位素分离、元件制造、反应堆运行到乏燃料后处理整个核燃料循环过程,同位素生产和应用过程,以及核武器的研制试验过程所产生的废物的类别、活度和数量差别都很大,但大部分(从体积来说)属于低中放水平。

放射性废气和废液,通常经过适当处理,达到允许水平后就可向环境排放或复用。大多数固体废物经过进一步减容和固定处理,使放射性核素得到浓集,最后,只能依赖核衰变,达到无害水平,因此,固体放射性废物的处置成为放射性废物管理的基本问题。

一座1000MW(e)的压水堆核电站,按每年产生600m³固体废物(沸水堆核电站产生的废物更多)、运行30a计算,总共将产生18000m³固体废物,需装9万桶(200L/桶),贮存这些废物估计要18座(64×12×8m)贮存库,处置这些废物,要用(1~2)×10⁴m²土地。核电站退役之后,还要产生近2万吨退役废物,这是一个相当可观的数字。

我国核工业已有30年历史,已经积存了相当数量的放射性废物。现在,我国核电建设已经开始,同位素和核技术的应用日益广泛开展,随之必将产生越来越多的放射性废物。因此,解决中低放固体废物的安全处置问题已成为当务之急。

中低放固体废物的处置,必须确保废物中所含的放射性核素在衰变到无害水平以前,不给当代和后代公众、及其依存的环境带来不可接受的影响。为实现这个目标,人们采用多重屏蔽,即依靠整个处置系统来达到。这个系统包括:废物固化体、包装容器、贮存构筑物、回填物和围岩或土层等。前面四项称为人工屏障,最后一项称为天然屏障。将废物处置以后,一般不需要专门管理,但要求在一定时间内进行监测或监督。

二、中低放固体废物处置的国际现状及经验教训

1. 国际现状

目前,国外中低放固体废物处置方法主要有三类:浅地层埋藏、废矿井或岩穴最终贮存和海洋投弃。

(1) 浅地层埋藏

这种处置方法投资少,容易实行,采用的国家较多,如美国、英国、法国、加拿大、苏联等。低中放废物埋藏方法有以下几种:①简易沟坑;②混凝土壕沟;③混凝土井;④混凝土结构地下窑洞;⑤墓堆等。

简易沟坑为土沟、土坑,现已少用。常用的是混凝土壕沟,各国拥有的壕沟尺寸不一,长30~240m,宽8~15m,深6~8m。有的壕沟分隔成几个区,装满固体废物后,空隙灌进水泥稀浆。有的壕沟每装一层废物桶,用土把空隙填满。为了减少对公众和环境的影响,有人建议把深度提高到10m以上。为了防止地表水和地下水进入埋藏沟,沟壁要涂敷沥青防水层,有的沟底铺设砂砾层、碎石层、沥青层和粘土层。沟盖采用预制混凝土盖板,用灰浆抹缝,有的还需加密封垫圈。上面再铺设沥青层、粘土层(1至数米厚),压实、植被,以便抵抗水的渗透。

为了适合各类废物的处置,处置场地最好采用多种贮存构筑物形式。对于放射性较强的废物(如废树脂、废过滤器芯等),最好采用井式构筑物。这种贮井为钢筋混凝土结构,直径约1m,深9m,装满后灌进水泥稀浆并封闭起来。

要采取避水、防水和排水措施。首先是尽量避水,有的国家规定,场址离地表水源至少500m,库底标高离最高地下水位线至少4m。

废物包装容器多采用200L铁皮桶,也有用方形金属箱或混凝土容器的。美国制造了一种高整体容器(High Integrity Container),材料是高密度聚乙烯,容积大于200L,可用来贮存脱水树脂和过滤器芯,设计寿命为300a。

废物运输可采用铁路、公路和水运。当外表面剂量率超过2mSv/h或者1m远处超过0.1mSv/h时,要加适当外包装作屏蔽。

浅地层埋藏设施比较简单,建造投资和运行费用比较低。根据美国实践,建造一个浅地层埋藏场大约需5—6a时间,其中选址和水文地质勘察要占一半以上时间。投资1000~1200万美元。

(2) 废矿井或岩穴最终贮存

废矿井经过适当的地面、地下改建和扩建后,可用来处置放射性废物。所采用的废矿井有盐矿、铁矿、铀矿、石灰石矿等(见表1)。

废矿井一般深度大,人类活动和自然干扰影响小,安全性比较好。但是,矿井是从采矿角度设计的,水文地质情况复杂,往往存在裂隙和地下水,通常废矿井不适宜贮存废物。因此,需要经过整治,并通过安全分析、环境影响评价论证后才能使用。

洞穴处置是利用天然洞穴或人工挖掘的洞穴来处置低中放废物的。根据处置场标准和规范设计建造的人造洞穴,成本比较高,但安全性好。

表1 国外用来处置放射性废物的废矿井

| 矿 井 类 别 | 矿 址 | 使 用 情 况 |
|---------|--|--|
| 盐 矿 | 联邦德国的阿塞盐矿 联邦德国的戈勒本盐矿 民主德国的布拉滕斯来布盐矿 美国的新墨西哥州盐矿 | 已贮存中低放废物，现已停用 建造中，计划用来贮存低中高放废物 正在使用中 准备用来处置军事超铀废物 |
| 铁 矿 | 联邦德国的康拉德铁矿 瑞典的斯特里帕铁矿 西班牙的莫雷纳山脉 | 准备处置中低放和退役废物 试验处置场 低放废物 |
| 铀 矿 | 法国中部的圣普里斯特 西班牙 | 预选中低放废物处置场 核电站废物 |
| 石 膏 矿 | 奥地利 瑞士 | 低中放废物 |
| 石灰石矿 | 捷克斯洛伐克的波希米亚西北部 | 低中放废物 |

(3) 海洋投弃处置

早在40年代，一些国家就已采用这种方法来处置低中放废物。1946~1969年，美国在太平洋5个场址共投弃55389个低中放废物容器；1949~1967年，在大西洋5个场址共投弃34083个容器。法国也曾在海洋投弃过低中放废物，但从1979年起，就已停止。英国于1949年开始对放射性废物实行海洋处置，到1982年为止，共处置73530t废物，1983年处置4000t。英国、荷兰、比利时、瑞士等国在经济合作与发展组织的核能机构监督下，把低放废物投弃在英国西南部大西洋中，距离大陆架500km，使用面积为 $4 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，平均深度为4400m。

日本于1969年就着手研究低放废物海洋处置的可能性。

支持海洋处置低中放废物的论点的人认为，海洋面积很大，稀释能力大，废物投弃在很深的海洋底部，垂直扩散速度很慢；废物有可靠的包装，不会造成污染，其增加的放射性对海洋本底放射性水平相比可忽略不计。尽管如此，海洋投弃放射性废物已受到越来越多国家的非议。1983年，在伦敦废物倾倒公约(LDC)缔约国的协商会议上，通过了停止向海洋投弃放射性废物的议案。1986年10月在伦敦召开了废物倾倒公约缔约国第十次协商会议，会议讨论了在海洋处置放射性废物，以及海洋法公约对伦敦废物倾倒公约的影响等问题。对于低放废物，仍维持第九次协商会议通过的暂停向海洋投弃低放废物的决议，并讨论成立了一个专家组对因放射性废物的海洋倾倒产生的广泛的政治上、法律上、经济上和社会方面的问题，进行研究和评价。

我国从来没有向海洋投弃过放射性废物，现在也没有向海洋投弃放射性废物的打算。我们认为国际合作开展这方面科学研究是非常必要的。

2. 经验教训

有的国家因管理不善而导致部分浅地层埋藏的低放废物发生放射性物质泄漏，污染了邻近的土地和水源。根据已暴露的问题分析，因多属管理问题，而忽视放射性废物管理有其历史、社会和政治上的原因：

(1) 核工业发展初期，往往只重视核技术的成果，即取得核材料和获得核电，而对放射性废物的处置问题缺乏长期、全面的考虑，仅采取临时应付的贮存办法，导致放射性废物积存越来越多。这是由于放射性废物治理工作没有和核工业的发展同步规划、同步发展的结果。

(2) 由于对放射性核素的迁移规律和浅地层埋藏的要求缺乏充分的认识，以及对中低放废物处置考虑不很周到，因而造成放射性废物被雨水或地下水渗透，放射性核素泄漏至环境中。

(3) 缺乏统一的放射性废物长期管理计划，出现了各自为政的局面，增加了低放废物埋藏场的数量，选用了不符合条件的埋藏场，从而引起投资增加和环境污染问题。例如，美国在40年代和50年代花费了十几亿美元生产核武器，但在废物处理上只花费了几千万美元，对废物治理重视不够，造成了1956年和1976年先后发生了汉福特单层碳钢罐和萨凡那河双壁罐泄漏事件。此外，美国铀尾矿早期管理不善，被用来铺路、筑坝和建房，后来为消除污染而耗资几千万美元。这些事件或事故，曾激起了公众的强烈反应，使核能事业的发展受到冲击，另一方面也促进了一些国家的有关部门对放射性废物的治理不得不重视起来。例如，瑞典和联邦德国都以解决放射性废物处理与处置作为批准核电站建造和运行的先决条件；美国能源部1981年度总预算为83.26亿美元，其中用于放射性废物管理的费用占8.4%。此外，美国用于正在建造的核电站的废物管理设施的投资达总投资的5%。

三、关于我国中低放固体废物处置对策的建议

自核工业发展以来，积存的放射性浓缩液多半是贮存于大罐中，需要进行固化处理；暂存的固体废物和固化块需要进行永久处置。随着放射性同位素和核技术在国民经济中的广泛应用以及核电站的发展，制定放射性废物处置规划已提到日程上来了。为此，对我国中低放固体废物处置的策略提出如下设想和建议：

(1) 有关低中放废物处置方式的选择，应该结合国情，因地制宜。建议采取区域浅地层埋藏和废矿井（或岩穴）处置相结合的技术路线。

(2) 美国国会1980年颁布的低放废物政策法，要求各州建立自己的区域处置场。我国国土辽阔，集中处置放射性废物需要长途运输，这是不经济和不安全的。我国应统筹规划，建造区域性处置场必须合理布局。选址时，应考虑有关地区的地质、水文、气候条件和人口分布情况，并且尽可能靠近现有的或规划中的大型核设施。

(3) 为防止将来出现废物处理与处置脱节，消除核电发展的后顾之忧，核电站废物处置场的建设也应及早动手。建议在华南、华东和东北等地逐步建立三个处置场。华东、华南地区潮湿多雨，人口密度较大，土地经济价值高，应优先考虑采用矿井或岩穴处置，沿海荒岛也是可供考虑的地点。辽宁西部、内蒙和黄土高原，应优先考虑浅地层埋藏方案。

在进行浅地层埋藏场选址时，应同时注意有无适合深地层处置的场址条件，以便为将来高放废物最终处置提供候选场址。

(4) 无论在我国西北或东南地区选择废物处置场，都应当是国家管理的放射性废物处置场，为一切放射性废物产生单位服务。处置场建设资金来源可先由国家贷款，以后通过征税和征收处置费偿还。

(5) 放射性废物管理涉及很多部门，建议设置国家放射性废物管理局，或者成立一个跨部门的委员会，负责下述工作：制订废物处理、处置方针和技术路线；统计、预测废物量，编制规划和确定经费预算；组织制订有关标准、法规和规范；组织协调处理、处置及安全评价有关各项技术的开发研究工作；审批和颁发选址、建造、运行、退役的许可证；实施安全监督；组织国际协作。实行统一领导，统筹规划，分工协作，充分发挥各部门的优势，减少盲目性，避免人力、财力和物力的浪费。

(6) 加强法制建设和科学管理。

放射性废物的管理应该以法规为准绳，按科学规律办事。立法和执法是加强法制的两个重要方面。目前，我们的立法尚不完备，现在我国正在组织编制《原子能法》、《放射性污染防治法》、《放射性废物政策法》等一级法规，许多二级、三级法规必须逐步建立。我们还要制定和完善各种标准和规范。在制订过程中，应该重视总结我国的实践经验和参考国外的经验，使制订出来的法规、标准，既具有权威性，又适合国情，切实可行。

(7) 有效地利用财力和物力，加强科研和技术开发工作。

放射性废物治理的基本措施，一是减少产生量，这是最根本的。放射性废物的处理与处置是花钱较多，耗费人力、占用土地的事情。对核设施要从设计、建造、运行、退役各环节把关，尽可能减少放射性废物的产生量；二是有效地减容，通过焚烧、压缩、去污、切割解体等技术，把已经产生的废物量减到最少；三是稳定化，把放射性物质牢固地固定在固化体中；四是有效隔离，使放射性废物在衰减到无害水平以前与生物圈安全隔离。

为实现上述目标，一些核工业发达国家正在致力于开发研究。我们要结合中国国情，抓住关键，尽可能耗费较少的财力和物力，扎扎实实地解决实际问题。

(8) 重视宣传教育，纠正不正确的看法，消除来自社会上的阻力和公众的疑虑。放射性废物的处理与处置不是单纯的技术工作，它与社会关系很密切，是社会敏感的问题。在国外，采取多种办法，例如举办公众听证会、报告会、展览会，利用电视、电影、广播、发行宣传资料，收到了很好的效果。我们也要加强宣传，提高公众对核事业的正确认识，促进核事业的发展。

(9) 发展国际交流与合作

放射性废物处理和处置的许多法规、标准和规范，需要国际上共同商定，共同承认。放射性废物最终处置场等一些大型工程项目，投资大，建设周期长，技术复杂，通过国际合作的方式进行开发研究，显得很有必要。我们应当借鉴国外的先进经验和先进技术，加强放射性三废处理与处置技术的开发研究，才能适应我国核事业发展的需要。

A STUDY ON THE SOLID LOW-INTERMEDIATE LEVEL RADIOACTIVE WASTES DISPOSAL STRATEGY

Li Xuequn

(Bureau of Safety, Protection and Health, MNI)

Luo Shangeng

(Institute of Atomic Energy, China)

Abstract The origins, characteristics and disposal requirements of solid intermediate-low level radioactive wastes are discussed. The actual state of the wastes disposal technology in the world and related experiences are presented. Suggestions concerning the solid low-intermediate level radioactive wastes strategy in China are proposed.

(Key Words: Radioactive Wastes, Solid Intermediate-low Level Waste, Waste Disposal)

放射性废物宏观管理问题的探讨

陈 式

(核工业部辐射防护研究所)

本文结合我国的实际情况初步探讨了放射性废物宏观管理的几个问题；说明了放射性废物管理的基本目标必须以辐射防护三原则为基础，兼顾安全性和经济性，同等重视废液废气和固体废物的管理；论证了制定政策的客观依据和在政策研究中采用现代科学方法的必要性；从合理确定废物治理投资、资金的筹集、最优化管理和内在经济驱动力等方面探讨了废物管理中的经济问题；最后扼要介绍了多层次管理和综合决策等国外有关废物管理系统运行机制的经验。

(关键词：放射性废物管理)

国际原子能机构 (IAEA) 于1983年在美国西雅图召开了放射性废物管理国际会议，废物管理政策及其实施是本次会议讨论的主题之一。本文是按我国实际需要探讨放射性废物宏观管理问题所做的不成熟的探讨。

一、废物管理的基本目标

IAEA的工作报告对废物管理目标做了如下表述^[1]：“放射性废物管理的基本目标是防止放射性核素以不可接受的量释放到环境中去，并安全而有效地处理和处置废物，使辐射对职业人员和公众在现在和将来造成的总的损害保持在允许水平以下和可合理达到的最低水平，从而保护人类及其环境。为此要求考虑以下课题：使废物产生量为最小并实现废物的收集和控制；提供使放射性核素在低于可接受水平释放的技术；实现废物的处理、固化和包装以减少废物体积和禁闭所含放射性核素供贮存和处置；实现废物在库中贮存和处置；放射性流出物的环境排放，评价其在环境中的分布和弥散，以及所造成的辐射影响；评价上述操作的安全性和代价与利益。

以上关于废物管理目标的完整阐述，总结了几十年来国际研究成果和实践经验，值得仔细加以消化。其中下列各点特别应当受到重视：

1. 辐射防护目标的应用

放射性废物管理的目标归根到底是辐射防护目标的具体应用。由国际放射防护委员会 (ICRP) 所确立的辐射防护目标是实施一套剂量限制的制度来防止非随机性效应和限制随机性效应的发生率。应用于废物管理的剂量限制制度主要是针对公众和环境的，当然也涉及从事废物管理的职业人员。它包括以下三项主要内容：

(1) 有关废物的产生、处理、排放和处置的所有实践活动都必须是具有正当理由的。对实践的需要取决于在整个核能利用范围内能否带来超过代价的利益。

(2) 在考虑到经济和社会因素之后，由放射性废物所引起的对人员的一切照射和对环境

的影响,应该保持在可合理达到的最低水平。该水平可用最优化方法选定。

(3) 个人所受的剂量当量不得超过规定的限值。个人最大剂量限值应合理地分配给除天然本底和医疗照射以外的所有辐射来源,其中包括废物管理实践。

上述剂量限制制度应当成为放射性废物管理的基础。当然在放射性废物管理中还应当同时考虑非辐射的其他安全问题。明确认识放射性废物管理是核安全和辐射防护的组成部分,在当前具有一定的实际意义。它使我们避免了只从化学工艺和工程技术角度看待废物管理问题的片面性。

2. 安全性和经济性的统一

废物管理目标是安全性和经济性的统一。保护人类及其环境的安全要求虽然是第一位的,但不是唯一的和绝对的,它受到经济要求的制约。经济性是构成废物管理目标的必要因素,这体现在辐射防护最优化原则中,也体现在使废物产生量为最小和废物减容的要求中。

由于历史的原因,我国核能事业比较重视安全性而忽视经济性。随着核电站建设的起步,现在迫切需要将经济因素引入管理目标中。这样做不仅为了节约废物管理开支,而且为了办成更多本来就应该办的事,因而从总体上看有利于保证安全目标的实现。

3. 固体废物管理和废液废气管理并重

在管理目标中既重视废液和废气的处理和排放,又重视固体废物的处理和处置,反映了人们对废物管理认识的提高。大家知道,在60年代初我国早期的废物管理法规中只有处理和排放的概念,而无处置的概念。到了70年代,人们越来越清楚地认识到没有废物的安全处置就不可能有核电的大规模发展。近年来随着废物处置科学的迅速发展,人们对于三废的潜在危害途径,三废治理的任务和管理目标,以及环境保护和评价中的污染源项等都有了更加全面的认识。这对于目前我国所有涉及废物管理的法规标准的编制和修订工作都有一定的参考价值。

为了进一步研讨废物管理目标,还需要做许多工作。根据国外的动向,按管理目标和非技术性目标等几个方面的课题,应努力探讨管理目标的定量化,从剂量指标到风险指标进行研究。

二、废物管理政策研究方法

各主要核国家对放射性废物管理政策的研究一直是很活跃的。何谓放射性废物管理政策?按照Niederer的说法⁽²⁾,从废物产生到最终处置没有一条笔直的道路可走,只有包含不同分支的可能道路的复杂网络。在每个分支点都需要做出一个决定,以确定该走哪条支路或做出何种选择。

政策研究就是依据客观情况和发挥主观能动作用选择和制定政策的过程。强调制定政策的客观依据在当前具有实际意义。这就是说,政策不是任何人随心所欲的臆想,也不是依附于长官意志先有决断后做论证的官样文章,而是今天的科学、技术、政治、经济、社会诸因素的产物。

政策选择取决于三废治理对发展核电的极端重要性。例如建立废物处置的管理责任制度是一项重要的政策原则,除个别国家外,绝大多数国家都以不同形式强调了政府的直接责任,提出了诸如国家处置、最终责任等概念。发展核能的大多数国家都已认识到三废治理与核能利用同步发展是一项重要的政策原则。