

# 论我国高放核废物深地质处置

□ 王 驹

我国目前已有两座核电站,即秦山核电站和大亚湾核电站,共有三台机组,装机容量为 210 万千瓦。在“九五”期间将建造四座核电厂(秦山二期、泰山三期、岭澳核电厂和连云港核电厂),共 8 个机组。按我国核电发展规划,到 2010 年,我国的核电装机容量将达到 2000 万千瓦,到 2020 年,核电装机容量将达 4000 万千瓦。这一规划显示了我国核电发展的良好前景。然而,应该看到的是,大量的核废物也将随之产生。按放射性水平分类,核废物可划分成低放废物、中放废物和高放废物。其中,从反应堆中卸下的“烧”完的核燃料棒(又称为乏燃料)即属于高放废物。秦山和大亚湾两座核电厂目前每年卸下 62 吨重金属乏燃料,到 2010 年积累将达千吨。加上“九五”建设的核电厂,到 2015 年,累积的乏燃料将达到二千吨以上。在 2020 年以后,每年都将卸下近千吨乏燃料。卸下乏燃料将进入后处理厂,回收其有用元素钚和铀,剩下的高放废液经玻璃固化后将被最终处置。

目前,已有较成熟的技术对低中放废物进行最终安全处置。而对于高放废物,由于其中含有毒性极大、半衰期很长的放射性核素,对它的安全处置是一个世界性难题。西方有核国家如美、加、德、英、法、日等对此极为重视,近二十几年来已投入大量经费开展综合研究。目前提出的较为切实可行的方案是深地质处置,即把高放废物埋在距离地表深约 500~1000m 的地质体中,使之永久与人类的生存环境隔离。埋藏高放废物的地下工程即称为高放废物处置库。

高放废物处置库采用的是“多重屏障系统”

设计。即把废物贮存在废物罐中,外面为缓冲材料,再向外为围岩(花岗岩、凝灰岩、岩盐等)。一般把废物罐和缓冲材料称为工程屏障,把周围的地质体称为天然屏障。各国根据地质条件的不同,选择了不同岩性的天然屏障,如瑞典、法国、加拿大、瑞士的处置库准备建在花岗岩之中,德国的建在岩盐之中,美国的建在凝灰岩之中。比利时国土狭小,处置库只能选在粘土岩之中。

考虑到处置库中的废物是毒性大,半衰期长的废物,因而要求处置库的寿命至少要达到 1 万年。这一要求是目前任何工程所没有的。因而,处置库的选址、建造、性能评价就极为复杂。

各国在进行选址和场址评价的同时还开展大量的研究和开发工作,重要的方面包括处置库的设计、性能评价、核素迁移的实验室研究和现场实验、工程屏障研究等。

世界各国都把安全处置高放废物提到保证核能事业健康发展、保护人民健康、保护环境的高度来认识,认为这是一项长期的战略任务,极为重视。具体表现为:(1)动用最高决策机构或最高领导人(国会、总统)来监管此事;(2)通过立法(如核废物法等)手段保证安全处置核废物;(3)制订有通过国家批准的高放废物处置计划;(4)有稳定的、专门的研究经费支持。

## 一、我国的高放废物深地质处置工作

我国的高放废物深地质处置研究始于 1985 年。在中国核工业总公司科技局下设有“高放废物深地质处置研究协调组”,负责研究项目的计划、协调和实施。协调组的组长单位是

核工业北京地质研究院,参加单位有核工业北京工程设计研究院、中国原子能科学研究所和中国辐射防护研究所。自1985年至今开展以下工作:(1)高放废物处置库场址筛选和场址特征评价;(2)地下研究实验室场址筛选及预可行性研究;(3)核素迁移的实验室研究;(4)核素的水溶液化学研究;(5)缓冲/回填材料研究和膨润土(缓冲/回填材料)矿床筛选;(6)处置库性能评价方法学初步研究;(7)处置库概念设计。

上述七大类工作均是在协调组的具体组织下,由核工业北京地质研究院和其它三个研究院以及有关院校共同完成的,其中核工业北京地质研究院以其专业领域宽、人员配置合理、装备优良等特点在该项研究中占主导地位。

自1985年以来,我国在高放废物深地质处置方面取得了以下主要进展:(1)经过全国筛选、对比,已初步选出甘肃北山地区为我国高放废物处置的最有利候选地区,对该区的评价正在进行;(2)已在北京郊区筛选出2个地下实验室场址,昌平阳坊和怀柔石湖峪;(3)经全国筛选,已选出内蒙古高庙子膨润土矿床作为我国高放废物处置库缓冲/回填材料的首选矿床。今后的与工程屏障有关的研究、测试工作将围绕该矿床的膨润土进行;(4)已初步获得一批核素在花岗岩和膨润土上的吸附、扩散数据,进行了核素迁移的初步方法学研究;(5)我国的膨润土各种性能测试表明适宜作为高放废物处置库的缓冲/回填材料,在其中适当加入添加剂可以阻滞核素的迁移;(6)铀系元素水溶液化学方面获得了一批实验数据;(7)铀系元素地球化学方面,获得了铀矿床中Pu-239、I-129和Cl-36的含量数据,进一步深入研究了超铀铀系元素在天然地质体和地下水中的迁移规律。

由于我国高放废物地质处置研究工作的经费渠道窄、投资强度低,造成工作进展缓慢,与国外相比有很大差距,工作成果远不能满足未来我国处置高放废物的需要。

## 二、安全处置高放废物的技术关键

安全处置高放废物在选址、建造、保证处置库长期安全性方面存在许多技术难题:(1)高放废物毒性极大,半衰期长,要求处置库要有1万年以上的安全期限,如何保证此安全期限为第一难题;(2)如何评价一个地质场地在1万年之内是稳定的?如何评价工程屏障有1万年的寿命?评价手段、方法目前均不完善,需要长期的研究工作摸索;(3)核素在复杂的地质环境中的迁移规律知之甚少;(4)安全处置涉及的学科领域宽,包括地质学、地球化学、工程、环境、辐射防护等,需要广泛的学科交叉和联合攻关,在许多方面处于探索阶段。因此,世界各国学者和政府官员均认为高放废物的安全处置是一项长期的、综合性的、复杂的、技术难度大、需投入大量资金的重大课题。

高放废物深地质处置的目标是安全,即保证被处置的高放废物不会从处置库泄漏进入人类的生存环境,以确保人类的安全。围绕这个目标的技术关键是:

1. 如何选择合适的场地(即有利的天然屏障),以及如何用相应的手段评价场地的适宜性。在场址的自然条件方面,其地质稳定性是关键的关键,其核心技术是地质学(构造地质学、地震地质学和水文地质学)的区域地壳稳定性评价技术和水文地质评价和模拟技术。利用该技术即可评价场址在未来1万~10万年内是否稳定、是否会发生火山、地震、活动断裂等灾害、地下水是否会对处置库有毁灭性影响、地下水流动是否有利于阻滞核素等。

2. 如何阻滞核素从处置库的工程屏障中泄漏。这就需要完善的处置库设计和优良的工程屏障(即废物包装材料和缓冲/回填材料等)。要达到此目的,就需要模拟处置库的温度、压力、氧化还原环境等条件,测试工程屏障的性能,研究在此条件下核素是如何迁移的,建立数学模型对处置库进行性能评价(包括环境影响评价和安全分析等)。其核心技术是地球化学及其实验技术以及计算机模拟技术等。利用地球

化学的高温高压实验技术可以获得模拟处置库条件下核素迁移的一系列数据,在此基础上进行计算机模拟、性能评价,便能预测处置库中的核素在 1 万年到 10 万年内的行为。

### 三、建议与呼吁

1. 核废物处置是一项关系到国际声誉、核电发展、环境保护、人民健康的一件大事,各有核国家,尤其是核大国均极为重视。希望我国在目前大力发展核电的同时给予核废物的安全处置,尤其是高放废物的地质处置以足够的重视,在安排科研项目 and 科研经费时,不仅仅考虑核燃料循环的“前端”(核电站设计、运行、燃料元件制造等),还要从长远考虑,给予“后端”(乏燃料后处理、核废物的地质处置、核电厂退役)以一席之地。

2. 尽快立法,制订出我国的核能法,把安全处置核废物用法律的形式固定下来。该法中应明确如何筹措用于核废物处置的经费。只有有了经费的保障,安全处置才会成为可能。否则,“安全处置、保护环境”不过是一句空话。

3. 高放废物深地质处置是一个技术难度大、研究周期长的复杂课题,涉及政治、公众接受和各个专门学科问题。为此,建议国家有关部门尽早制订一个目标明确、操作性强的“高放废物深地质处置长远规划”。

4. 在我国现有的“高放废物深地质处置研

究协调组”的基础上成立一个由地质、化学、环境、材料、工程和辐射防护等专家组成的委员会,制订核废物处置规划,并负责、监督该规划的实施。

5. 我国的高放废物深地质处置工作要“以场地为基础、以地质为龙头、以安全为目的”有序地进行。技术可以引进,而地场却不能引进,我们国家的废物只能处置在自己的国土上。做好场地工作,其它基础工作如放射化学、核素迁移、性能评价(安全分析和环境影响评价)和工程设计研究才会有依托对象。没有场地,其它大部分工作都是空的。另外,未来废物是处置在地质环境中,因此,相应的研究要以地质地球化学和水文地质学为龙头、为重点,其它的工作要以地质环境为基础来进行。如核素迁移研究,仅靠实验室工作是不够的,还必须与实际地质环境结合才能摸清真实的核素迁移规律,从而真正地评价处置系统的安全。工程设计研究也是如此,离开了具体的场地、具体的边界条件,设计从何谈起?

6. 为保证实现高放废物的安全处置,必须要有一定的技术储备,国家每年应保证一定的经费用于研究工作。在国家计委的“核能开发配套研究项目”中应给“核电放射性废物的处理处置”项目留下一席之地。

(核工业北京地质研究所)

(上接第 44 页)费 2% 的滞纳金仍照样执行,滞纳金、加处罚款都要足额收取,“申请人民法院强制执行”,必须按法定期限,决不可往后拖延时间。处罚决定,事实不清楚,适用法律偏差,就违反“以事实为根据,以法律为准绳”的法制原则。处罚(罚款)不到位;该加处罚款而不加处罚;处罚决定法定期满,当事人不申请复议,不向人民法院起诉,又不履行的,行政机关应当申请人民法院强制执行而不申请的,同样是违反法制原则。依法做好上述两点三个方面,对违法者和广大人民群众就能提高法制观念,起到“罚

一敬百”的作用,就能有效制止违法行为发生,维护法律尊严,树立行政执法权威和良好形象。三是行政机关及执法人员依照《行政处罚法》第 47 条、第 48 条的规定当场收缴罚款的,必须按《行政处罚法》第 49 条规定“向当事人出具省、自治区、直辖市财政部门统一制发的罚款收据,不出具财政部门统一制发的罚款收据的,当事人有权拒绝缴纳罚款”执行,这是当事人享有的法定权利,行政机关及执法人员应尽的法定义务,也是对行政机关及执法人员“有法必依”检验的标志,决不得马虎从事。