

# 我国中低放射性废物处置行业现状与产业投资分析

张鹏<sup>1</sup> 李奎<sup>1</sup> 杨魁<sup>1</sup> 雷腾<sup>1</sup> 汪源<sup>2\*</sup>

(1. 中陕核核盛科技有限公司, 陕西 西安 710000; 2. 陕西省生态环境厅, 陕西 西安 710000)

**摘要:** 核废料安全处置成为实现我国核事业可持续发展的关键因素之一。中国目前放射废料处理产能则明显不足, 中低放废物处置场建设是一项庞大、复杂的系统工程, 需要投入大量的建设资金, 设施运营也涉及到许多外部协作条件, 加快推进中低放废物处置场选址、建设与运营十分必要。本文从我国中低放废物处置行业的发展趋势、相关政策法规、监管情况、项目投资情况等几个方面进行了阐述, 对要投资建设中低放废物处置场的企业提供有效参考。

**关键词:** 中低放处置; 政策法规; 监管; 投资分析

**Abstract:** The safe disposal of nuclear waste has become one of the key factors to achieve the sustainable development of China's nuclear industry. China's current radioactive waste treatment capacity is obviously insufficient, the construction of low and medium-level radioactive waste disposal site is a large and complex system engineering, which needs to invest a lot of construction funds, and the facility operation also involves many external cooperation conditions. It is necessary to accelerate the site selection, construction and operation of low and medium-level radioactive waste disposal site. This paper elaborates from the development trend of China's low and medium-level radioactive waste disposal industry, relevant policies and regulations, supervision, project investment and other aspects, to provide effective reference for enterprises to invest in the construction of low and medium-level radioactive waste disposal site.

**Key words:** medium and low-level decentralized disposal, policies and regulations, supervision, investment analysis

## 1 中低放射性废物相关背景介绍

### 1.1 放射性废物的分类

放射性废物的分类方式有很多, 根据物理状态不同, 放射性废物可分为气体、液体和固体三类, 其中以放射性废液的数量最多、危害性最大; 根据最终处置要求和废物的放射性活度, 又可分为高放废物、中低放废物(包括长寿命和短寿命废物)以及免管废物。此外, 还可以根据废物的来源将其分为铀尾矿、乏燃料以及包壳废物等。我国根据IAEA推出的放射性废物安全标准分类建议颁布的放射性废物分类标准(GB9133-1995)<sup>[1]</sup>中, 对不同物理状态的放射性废物按照放射性活度进行了高、中、低分类, 如表1所示。

- ①包括放射性核素<sup>60</sup>Co(半衰期为5.271a);
- ②包括放射性核素<sup>137</sup>Cs(半衰期为30.17a);
- ③对仅含天然 $\alpha$ 辐射体的低放固体废物, 下限值为 $3.7 \times 10^5$ Bq/kg。

### 1.2 中低放废物的处置

#### 1.2.1 海洋投弃处置

海洋投弃处置, 是指将加有钢桶包装的中低放废物混凝土固化体投入远离陆地的预定海域, 使废物自行沉入海底, 或者直接将放射性废液排入海洋, 靠着海水来隔离和稀释放射性物质<sup>[2]</sup>。海洋水体具有极强的稀释能力, 而且当放射性废物投弃在海洋底部后, 放射性核素的垂直打散速度放慢, 不会影响到浅水海

表1 我国放射性固体废物分类表

类型	放射性比活度 A (Bq/kg)				超铀废物
	$T_{1/2} \leq 60d$	$60d < T_{1/2} \leq 5a^{1)}$	$5a^{1)} < T_{1/2} \leq 30a^{2)}$	$30a < T_{1/2}$	
低放 <sup>3)</sup>	$7.4 \times 10^4 < A \leq 3.7 \times 10^7$	$7.4 \times 10^4 < A \leq 3.7 \times 10^6$	$7.4 \times 10^4 < A \leq 3.7 \times 10^6$	$7.4 \times 10^4 < A \leq 3.7 \times 10^6$	$3.7 \times 10^6 \leq A$
中放	$3.7 \times 10^7 < A \leq 3.7 \times 10^{11}$	$3.7 \times 10^6 < A \leq 3.7 \times 10^{11}$	$3.7 \times 10^6 < A \leq 3.7 \times 10^{10}$	$3.7 \times 10^6 < A \leq 3.7 \times 10^9$	
高放	$3.7 \times 10^{11} < A$	$3.7 \times 10^{11} < A$	$3.7 \times 10^{10} < A$	$3.7 \times 10^9 < A$	

域。海洋投弃放射性废物终将污染海水，并通过食物链最终影响到人类自身，因此，随着中低放废物处置技术的发展，海洋投弃处置被大多数国家禁止，只有英国、日本这样陆地面积狭小的国家还在进行。

### 1.2.2 陆地浅埋处置

陆地浅埋处置是指在地表下或地表上的、具有防护覆盖层的、有工程屏蔽或无工程屏蔽的浅埋处置，其埋深一般不超过 50 m。主要用于所含核素半衰期小于或等于 30a（包括  $^{137}\text{Cs}$ ）的中、低放射性废物的处置，其中所含长寿命核素的比活度应小于规定限值。近地表处置场必须确保在 300~500a 的时间范围内，将废物中的核素限制在场址范围内，防止其以不可接受的数量向环境释放，通过各种途径向环境释放的放射性核素对公众中个人所致的年有效剂量上限不得超过 0.25mSv。陆地浅埋技术目前已比较成熟，被世界各国普遍采用。

### 1.2.3 废矿井处置

将中低放废物处置在地下废矿井中，是一种比较安全的处置方式，可选择的矿井包括盐可矿、铁矿、铀矿等。这种处置方法具有占地面积小、处置成本低（可直接利用原有的竖井、底下采空区等）、处置空间大、处置深度大安全性好等优点。但是，由于矿井一般离核设施比较远，需要对放射性废物进行长距离运输，在此过程中存在一定的不稳定因素和安全隐患。

## 2 我国放废处置行业情况与发展趋势

### 2.1 我国目前中低放废处置厂现状

中低放处置场一般只愿意接收本省内核电站或其他设施产生的放射性废物。我国现有建成两个中低放废物处置场，分别位于甘肃矿区（中核四〇四厂）和广东北龙（大亚湾核电站内部处置场），其余均为在建，详见表 2。

### 2.2 我国中低放废处理行业发展趋势

我国放射性废物主要由核电、放射医学、工业辐照、科学研究等领域产生，其中核电行业占主要构成部分。中国目前核电机组逐年增多，乏燃料产生量巨大，中国目前放射废料处理产能则明显不足。现阶段中国绝大多数机组产生的乏燃料都暂存在场内乏燃料水池中，只有少部分核废料得到处理。大亚湾核电站和秦山核电站的乏燃料分别于 2003 年和 2010 年开始外运到中核四〇四厂（中试厂）进行贮存并等待后处理。中试厂位于甘肃矿区，是中核集团下属的专注于核化工、乏燃料后处理的公司，虽然已于 2010 年底热试成功，但还未投入运营。中试厂两期的乏池已于 2015 年底饱和，剩余的离堆乏燃料亟需新的贮存设施。到 2025 年时，预计更多乏燃料需要以其他方式进行离堆贮存。

随着我国核电装机容量不断增长，核电站运行中产生和积累的中低放废物逐渐增多，安全处置成为实现我国核能可持续发展的关键因素之一，加快推进中低放废物处置场选址、建设与运营势在必行。

### 3 中低放废处置相关政策与法律法规

目前，与我国中低放废物处置有关的政策法规主要有：1992 年的“45 号文”、2003 年的《放射性污染防治法》、2011 年的《放射性废物安全管理条例》和 2017 年 9 月新发布的《核安全法》。根据相关法律法规与管理条例，中低放废处置贮存场所的建设需要以下相关资质：辐射安全许可证、道路运输经营许可证、放射性物品道路运输许可证、放射性物质贮存及处置许可证等。其中，在项目开工建设前，放射性废物处置场所选址规划应由国务院核设施主管与相关部门，会同环境保护行政主管部门、各省市自治区政府共同负责编制，最终报国务院批准，其难度较大、

表 2 我国主要中低放废处置单位一览

序号	处置场	地址	所属公司	现状
1	中核四〇四厂	甘肃矿区	中核集团	目前只接受了部分军工设施产生的中低放废物，并没有接受来自核电站的中低放废物。
2	大亚湾核电站内部处置场	深圳北龙	中广核工程公司	主要接收大亚湾核电站产生的中低放废物，距大亚湾核电站 5km。
3	飞凤山处置场（部分在建）	四川广元	中核清原环境技术有限公司	主要用于接收 821 厂退役产生的低放废物和本省废物，只有该公司拥有运营中低放核废物及运输高放核废物许可证，可市场化运营。
4	中低放核废物处置场（规划）	山东	国家电投下属中电远达	计划只接受本省内已有和以后可能发展起来的核电站所产生的中低放废物。
5	高放核废料处理中试厂（规划）	甘肃	核工业北京地质研究院	

办理周期较长。

#### 4 中低放废处置行业存在问题分析

中低放废物处置场建设是一项庞大、复杂的系统工程，前期需要投入大量的建设资金，设施运营也涉及到许多外部协作条件。相比于中、高放废物处置，低放废物处置的安全和环境风险相对较低，技术上比较成熟。低放废物处置困难的主要原因是处置厂址选择困难。其中除了历史和政策方面的问题外，公众反对或邻避效应是目前面临的最主要障碍。地方政府的的态度也是影响区域处置政策落实的因素。目前中低放行业存在的主要问题如下<sup>[3]</sup>：

##### 4.1 相关政策法规衔接配套不够

我国已出台多个放废处理与核安全法律法规，对我国放废处理有一定政策性指导，但是一些政策法规未能相互衔接或已不适应当前工作实际。现有政策法规中，虽然有专门针对放射性废物管理的章节，但缺乏与之相配套的具体法规和规章制度，对中低放废物处置场建设所在地补偿费、税费、处置收费标准等尚未出台相关指导意见或标准。

##### 4.2 管理力量相对薄弱

美国核管会（NRC）、英国核退役管理局（NDA）法国放射性废物管理局（Andra）等核大国的放射性废物管理力量很强，少则数十人，多则上百人。参照美、英、法等核大国的经验，从我国当前国情和实际工作来看，放射性废物各相关管理部门较为独立，专门机构的人员比例较小，代表政府对中低放废物开展统一管理的执行主体（即实施机构）缺乏。

##### 4.3 处置场的建设运营模式需进一步完善

由于新建设项目行政审批极为严格，我国放废处理场所主要由少数国企垄断，其他国有企业与民企受监管影响几乎很难踏足该领域。如何在确保我国核安全与环境保护不受影响的情况下，进一步丰富放废处置建设运营模式，值得有关部门深入探究。

##### 4.4 处置费用有效监管及收费模式尚未形成

《放射性污染防治法》明确提出“核设施退役费用和放射性废物处置费用应当预提，列入投资概算或者生产成本”。《核安全法》规定，核设施运营单位应当预提核设施退役费用、放射性废物处置费用，列入投资概算、生产成本，专门用于核设施退役、放射性废物处置。但是，目前我国放射性废物处置费用提取标准和有关规定缺失，资金需求规模往往是企业自行估算。对于企业预提的处置费用，由于缺乏对企业

资金账户的有效监管，难以保障未来处置费用需求。

#### 4.5 公共关系和社会稳定风险问题凸显

近年来，涉核重大项目邻避事件频发，不仅严重影响我国核工业产业布局，而且对社会稳定造成不利影响，为我国未来中低放处置场建设敲响了警钟。当今，选择一个安全上有保证的废物处置场已不是大难题，更大的困难是如何得到公众的理解和接受以及地方政府支持。公众接受度成为影响我国中低放废物处置工作组织实施的制约因素。

#### 5 中低放废处置产业投资分析

##### 5.1 国内外中低放处置场建设周期与费用参考

中低放废物处置场的建造时间根据各国的情况不完全相同。法国第二个处置场于1977年始建至1991年底建成，费时7年；瑞典处置场从1977年开始到1988年建成，费时11年；日本处置场从1984年开始预计到1992年建成，费时8年；西班牙从1986年开始，预计到1992年建成，费时6年。各国建造低放废物处置场的时间差异，主要由于选址和许可证发放难度不同所致。正常建设周期约在7年左右，其中处置场本身建设大约只需3年左右的时间。

处置场的建造费用各国差异也较大。据调查了解，法国新建低放射性废物处置场总费用为15亿法郎，可处理 $10^6\text{m}^3$ 的废物。其中建造费用占38%，公路建设占3%，铁路车站2%，选点8%，管理和设计等费用为31%，公众信息为2%，许可证为1%。日本建造处置场费用为1600亿日元，第一阶段处理 $2 \times 10^5\text{m}^3$ ，最后总处理量为 $6 \times 10^5\text{m}^3$ 。建造费用约为总费用的50%，选点等费用为25%，管理费为25%。西班牙处置场总费用为29000百万比塞塔（含退役等），总处理量为 $50000\text{m}^3$ <sup>[4]</sup>。在各种费用中，一个共同的特点是，处置场本身建设费用都不超过50%，但选点和管理等费用高达50%以上。这些费用中还没有包括专门的研究费用。

与世界其他发达国家相比，我国中低放废库建设成本较为低廉，据我调研小组成员多方咨询，目前中低放废处理厂建设规模通常在数亿元人民币，如辽宁某核电站计划配套中低放废处理设施投资约为2亿元人民币。

##### 5.2 目前我国中低放废处理收费情况

目前我国放射性废物处置费用标准和有关规定缺失，市场情况不透明，各省处置单位收费标准各异。各省中低放射性废物通常被运往本省放射性废物收贮

管理中心被集中保存，管理中心收集足够多的中低放射性废物后，被运往专业的中低放射性处置中心，由于具体的处理价格由处置中心和放管中心协商决定。同时，收费标准与放废半衰周期相关，随着放射周期的增长费用会逐级提高。据了解，我国大致处理综合费用在 100 元 / 千克，仅供参考。

按照平均年低放废物 1000 吨处理能力大致计算，中低放废物处理费年收入达到 1 亿元。

## 6 结论与建议

中低放废物处置有关投资项目符合国家产业政策，符合国家战略性核产业规划，对我国核安全与环境保护有着重要意义。同时，中低放废物处置可以极大的缓解我国放废处理缺口，极大的满足核电核废料处理需求，在未来 10-20 年将持续保持较高的关注度，享受国家相关政策的大力扶持，发展势头强劲。但是值得注意的是，放废处理与贮存项目受到国家核安全与环保部门的强力监管，政策导向型较强，审批难度较大；投资者还需谨慎处理公共关系与社会舆论，及时疏导当地民众的恐核情绪；从以往经验上来看，该项目投资强度通常达到数亿元人民币，一般由政府监

管部门主导，行业门槛较高，另外还需核电行业的有力配合。

### 参考文献：

- [1] GB9133-1995. 放射性废物分类标准 [S]. 北京：生态环境部, 1995.
- [2] 南宏杰, 王百荣, 杨忠平, et al. 放射性废物处置现状及发展趋势 [C] // 全国危险物质与安全应急技术研讨会, 2024.
- [3] 刘敏, 白云生. 我国中低放废物处置场建设思考 [J]. 中国核工业, 2017, 12(3), 39-41.
- [4] 吴宜灿. 美国、法国等放射性废物处置政策及经验启示 [N]. 中国科学院院刊, 2020.

### 作者简介：

张鹏 (1984-), 男, 汉族, 河北省高阳市人, 博士研究生, 高级工程师, 现主要从事核技术应用研究与产业开发工作。

### \* 通讯作者：

汪源, 女, 高级工程师, 现主要从事核与辐射安全监管相关工作。

广告

得到的不是永恒的拥有，失去的将永不再来

——保护环境人人有责