

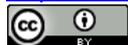
Research of Low and Intermediate Level Radioactive Waste Disposal Technology

Bin Yang, Xianghong Fang, Qiyun Wang, Ruoxia Ma, Li Ren, Wei Hua

CPI YuanDa Environmental-Protection Engineering CO. LTD., Chongqing
Email: bin.yang@yuandaep.com

Received: Mar. 24th, 2015; accepted: Apr. 10th, 2015; published: Apr. 16th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Near-surface disposal is a technology used earliest and most widely to dispose low and intermediate level radioactive waste. This paper introduced and compared several near-surface disposal sites of abroad, northwest repositories, and BeiLong repositories in China. Furthermore, it put forward the suggestions of the construction of the near-surface disposal site in China, to provide references for near-surface disposal site construction.

Keywords

Low and Intermediate Level Radioactive Waste, Near-Surface Disposal

国内外低、中水平放射性固体废物处置技术研究

杨 彬, 方祥洪, 王棋贇, 马若霞, 任 力, 华 伟

中电投远达环保工程有限公司, 重庆
Email: bin.yang@yuandaep.com

收稿日期: 2015年3月24日; 录用日期: 2015年4月10日; 发布日期: 2015年4月16日

摘 要

近地表处置是应用最早、最广泛的低、中水平放射性废物的处置技术。本文介绍了国外几个近地表处置

场及国内西北、北龙处置场的设计和运行情况，并对各国的近地表处置场进行了比较，提出了我国近地表处置场建设的相关建议，为我国近地表处置场建设提供参考。

关键词

低、中水平放射性固体废物，近地表处置

1. 引言

放射性废物处置的任务是在废物可能对人类造成不可接受的危险的时间内，将废物中的放射性核素限制在处置场范围内，防止放射性核素以不可接受的浓度或数量向环境释放而影响人类的健康与安全。放射性废物处置是放射性废物的最终安全归宿。低、中水平放射性固体废物处置技术主要有：近地表处置、洞穴处置(近地表处置的一种特殊形式)及地质处置。

洞穴式处置方式对人类活动和自然干扰影响小、安全性好，但是，水文地质情况复杂，往往多地下水与洞室，不宜直接处置废物，需要经过整治和安全分析与环境影响评价之后才能使用。地质处置安全性高，但处置成本非常高，通常用于处置高水平放射性废物。工程近地表处置方式是应用最早、最广泛的低、中水平放射性废物的处置技术，具有广泛的工程应用实践，其相比于洞穴式处置和地质处置宜于选址、易于建造、操作简便、投资较低。

我国西北处置场、北龙处置场都是近地表处置场。国际上，近地表处置场的典型代表是法国的芒什和奥布处置场，日本六所村处置场等[1]。

2. 国外低、中放废物处置情况

2.1. 美国

美国采用的处置方式是浅地表填埋，在建造时并未考虑会发生核素迁移，废物没有或很少进行整备，也没有对回填和覆盖层给予重视，工程比较简陋。

美国从 20 世纪 60 年代开始陆续建造了 6 个商用处置场，在 70 年代相继关闭了 4 个，只剩下华盛顿州汉福特的里奇兰和南卡罗来纳州的巴威尔设施。后来又建造了犹他州恩罗克尔处置场[1] [2]。

2.2. 法国

法国有 2 个处置场，芒什处置场及奥布处置场。芒什处置场是以混凝土构筑物、水泥浇筑回填的一体化工程设施，有严格的回填、覆盖和排水设施，是工程近地表处置的典型代表。

1) 芒什处置场

法国 1969 年开始营业的第一座放射性废物近地表处置库芒什中心处置设施，与阿拉格后处理厂相邻，于 1969 年 1 月开始运行，规划处置容量 50 万 m^3 。1994 年关闭时共处置低、中放废物 53 万 m^3 ，芒什处置场如图 1 所示。芒什处置场采用混凝土窖仓，分两层叠放 8 个大型混凝土废物容器(每个体积为 2 m^3)，中间空隙堆放卵石，然后浇注水泥灰浆，铸成一个整体。在其上面浇铸混凝土盖板后，再堆放放射性水平较低的 200 L 废物桶，最后盖 1~1.5 m 土层、植被[1] [2]。

2) 奥布处置场

从芒什处置场进入监督阶段以来，在法国东部奥布建造了新的近地表处置设施。奥布处置场从 1992 年开始运行，规划处置容量为 100 万 m^3 ，到 2005 年，已经处置了约 16 万 m^3 低、中水平放射性废物，奥布处置场处置单元如图 2 所示。奥布处置场采用全地上式处置方式，处置单元上面有可移动仓房，避

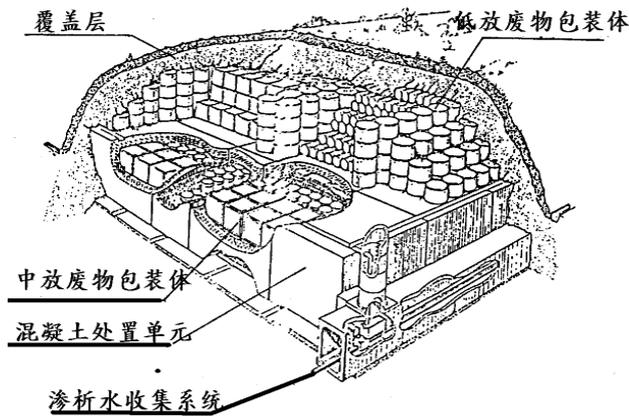


Figure 1. Schematic diagram of Manche disposal sites
图 1. 芒什处置场示意图



Figure 2. Schematic diagram of Aube disposal sites
图 2. 奥布处置场处置单元

免雨水进入。废物被处置在大型混凝土处置单元内，所有操作都是在金属隔框的保护下进行，防止废物包和雨水发生接触。该设施的设计可以顺利适应可能产生的不同类型的废物包，不论是传统尺寸的废物桶(200 L)还是更大的包装(核电站的反应堆顶盖) [3]。

2.3. 日本

日本核燃料公司(JNFL)在北海道六所村建造了一个低放废物处置场，截至 2004 年处理能力为 8 万 m^3 ，最终的建造规模将总计达到 60 万 m^3 。处置场制定了具体的安全目标，在 300 年的有组织控制阶段，公众剂量限制为每年 1 mSv。在 300 年后，公众剂量限值为每年 10 μSv 。

日本处置场设有 10 个混凝土处置单元，每个单元分 16 室，每室可处置 320 L/200 L 桶废物，装满后回填，盖混凝土 4 m 厚土。1992 年 12 月 8 日，开始接收废物，设计处置容量满足处置到 2030 年[1] [2]。

2.4. 捷克

捷克杜库凡尼处置库是位于杜库凡尼核电站附近的一座工程近地表处置库，如图 3 所示，处置核电厂产生的低、中放废物，库容 55,000 m^3 。共有 112 个处置单元，可处置核电厂运行和退役全部废物，计划运行到 2100 年。到 2011 年已有 17 个处置单元装满了废物。

杜库凡尼处置库处置核电厂运来的沥青固化体等废物。废物装载 200 L 镀锌钢桶中，验收卸车后，

吊车到处置单元中。将剂量率高的废物放在处置单元的底部和中部，这种运行工艺规程发挥废物桶的自屏蔽作用，降低处置单元外部的辐射。处置单元装满废物后，浇注水泥砂浆和盖混凝土盖板[1] [2] [4]。

3. 国内低、中放废物处置情况

西北处置场是我国建造的第一座近地表处置场，于 1999 年投入试运行，当年接收并处置了首批低、中放废物。西北处置场位于干旱少雨、人烟稀少的戈壁滩上，采用地下式处置方式，处置单元设计为无底板的钢筋混凝土构筑物。

西北处置场位于干旱地区，水入渗的可能性小；风沙较大，所以覆盖层结构要防止水份的蒸发和腐蚀两个问题。西北处置场经过几年的运行，为我国低、中放废物处置方面积累了一定的处置工艺和处置场选址、设计、建设及运行管理的经验。

北龙处置场位于多雨潮湿地区，场址离海岸较近，处置单元设计成有底板的地上式钢筋混凝土构筑物，处置单元上有挡雨仓房，避免雨水进入。为了弥补场址自然条件的不足，加强了处置单元的工程设计。覆盖层顶部设计成屋脊形，并在其边坡处设排水沟，便于雨水径流[5]-[7]。

4. 各国近地表处置场比较

各国近地表处置场比较如表 1 所示。

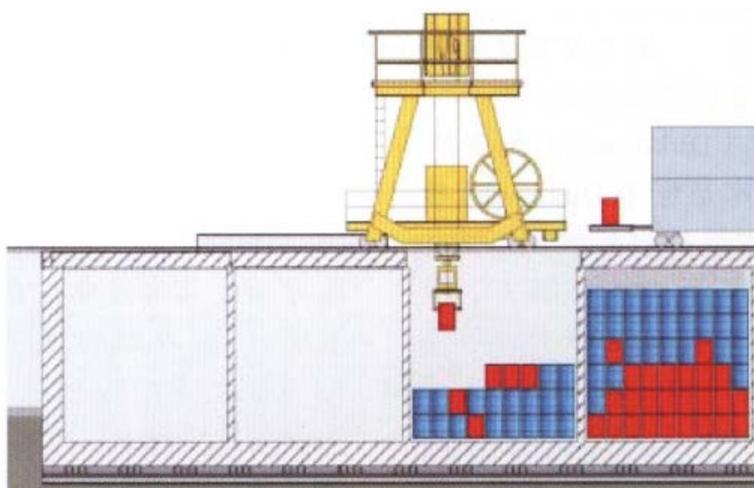


Figure 3. Schematic diagram of Dukovany disposal sites
图 3. 捷克杜库凡尼低、中放废物处置库

Table 1. The comparison of near-surface disposal sites
表 1. 各国近地表处置场比较

名称	芒什	奥布	六所村	杜库凡尼	西北	北龙
国家	法国		日本	捷克		中国
处置技术	工程近地表处置库	工程近地表处置库	工程近地表处置库	工程近地表处置库	工程近地表处置库	工程近地表处置库
处置单元方式	混凝土槽坑放置 8 个大混凝土容器(二层)浇盖板，上层再堆放 200 L 废物桶，上盖 1~1.5 m 土，覆土植被	混凝土槽 24 × 21 × 6 m，上面有可移动仓房，避免雨水进入	地表下 14~19 m 深处，混凝土地下构筑物	混凝土槽，装满废物后，浇注水泥砂浆和盖混凝土盖板	无底板地下式处置单元，无地下管网，覆盖层为 5 层共 2 m	有底板地上式处置单元，有地下管网，处置单元上有可移动仓房，覆盖层为 6 层共 5 m

上述各国的低、中水平放射性废物处置场均采用工程近地表处置技术，处置单元一般都是钢筋混凝土结构，由顶板、侧墙和排水管廊等组成。为了适应不同的场址特性和不同类型的废物，处置单元设计可以采用地上式、地下式和半地下式结构。如奥布处置场和北龙处置场的处置单元采用地上式结构，而西北处置场的处置单元采用地下式结构。

近地表处置场设计一般遵循多重屏障的原则，多重屏障系统由废物体、废物包装容器、处置单元等组成。工程屏障的设计应考虑湿度、温度的变化，化学和生物的作用等，保证设计寿期内的安全。

5. 总结

各国选建低、中水平放射性废物处置设施，取决于国土条件、废物处置方针策略和国家社会、经济、技术条件，还应重点考虑处置设施的长期安全性。我国的低、中放废物处置已经取得长足发展，但在废物管理相关法律、法规和管理体制方面仍有待健全和完善，同时仍需深入研究国外先进的经验，完善近地表处置技术，以适应发展的需要。

参考文献 (References)

- [1] 罗上庚 (2007) 放射性废物处理与处置. 中国环境科学出版社, 北京.
- [2] Mary Finster and Sunita Kamboj Argonne National Laboratory, US Department of Energy Used Fuel Disposition Campaign (2011) International low level waste disposal practices and facilities. <http://www.ipd.anl.gov/anlpubs/2011/12/71232.pdf>
- [3] 商照荣, 潘苏 (2005) 国外中低水平放射性废物管理及我国的发展策略. “21 世纪初辐射防护论坛”第四次会议暨低中放废物管理和放射性物质运输学术研讨会论文集.
- [4] 罗上庚 (2012) 捷克低、中放废物处置经验. *放射性废物管理与核设施退役*, 5, 31-35.
- [5] 李廷君 (2001) 低中水平放射性固体废物近地表处置场工程设计中的若干问题探讨. *核工程研究与设计*, 3, 31-35.
- [6] 刘超, 前海, 翟健 (2011) 西北处置场低、中放固体废物处置实践. *辐射防护通讯*, 5, 1-7.
- [7] 赵滢 (2005) 北龙处置场废物处置工艺对处置安全的贡献. “21 世纪初辐射防护论坛”第四次会议暨低中放废物管理和放射性物质运输学术研讨会论文集.