

The Introduction for Decommission of Nuclear Facilities

Ruoxia Ma, Bin Yang, Xianghong Fang

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

Received: Mar. 24th, 2017; accepted: Apr. 8th, 2017; published: Apr. 12th, 2017

Abstract

Nuclear decommissioning is the final stage of the lifetime of a nuclear facility. Along with that the nuclear industry is gradually mature, many facilities are close to decommission. This paper systematically introduces the decommissioning of nuclear facilities, including the basic requirements, objectives, strategies, and basic program, decontamination technology and radiation monitoring, etc.

Keywords

Nuclear Facility, Decommissioning, Strategies, Decontamination

浅述核设施的退役

马若霞, 杨 彬, 方祥洪

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

收稿日期: 2017年3月24日; 录用日期: 2017年4月8日; 发布日期: 2017年4月12日

摘 要

核设施退役是一座核设施寿期的最后阶段, 随着核工业的日臻成熟, 许多设施正接近退役。本文系统地介绍了核设施退役的内容, 包括基本要求、目标、策略、基本程序、去污技术和辐射监测等。

关键词

核设施, 退役, 策略, 去污

Copyright © 2017 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

1. 核设施退役的定义及基本要求[1]

核设施的完整寿期包括：选址、设计、建造、运行(服役)和退役。退役是对使用期满或因其它原因而退出服役的核设施的全部或部分解除审管控制而采取的行动，包括去污、拆除、解体、清除、补救行动和废物管理等，以保护工作人员、公众和环境的安全。

核设施退役的基本要求有：

- 严格执行相关法规标准；
- 对工作人员和公众造成的辐射剂量在规定限值之内，并且合理可达到的尽可能低；
- 采用的工艺技术安全可靠；
- 产生的废物(包括非放废物)能够安全处理处置，贯彻废物最小化；
- 实现国家节能减排等方针。

2. 核设施退役的目标、策略和基本程序

2.1. 核设施退役的目标

1) 管理退役设施的危险度

退役过程中的主要危险包括辐射危害、危险材料、有毒材料、机械危害(如倒塌)等。危险管理方法主要有破坏污染物(危险有机化学物的焚烧)、就地固定污染物或将其运到合适的废物管理设施进行处置。

2) 尽量减少产生的废物量和要求特殊处理的废物

退役总是涉及放射性废物的产生，应该采取合适的去污和拆除方法，并且应该回用或回收材料，使要管理的放射性废物量最小化。

核设施退役的最终目标是无限制或有限制开放或利用场址。

2.2. 核设施退役的策略[2]

目前 IAEA (国际原子能机构)采用的三个退役策略是：立即拆除、延缓拆除和封固埋葬，根据待退役核设施的情况选择恰当的退役策略。

2.2.1. 立即拆除

优点：可以较好地利用现有的辅助设施和设备以及熟悉设施的人员。

缺点：工作人员受照剂量较高，需要采用或需要发展遥控切割和拆卸机具。

2.2.2. 延缓拆除

优点：将来可能开发出先进工艺技术和设备可被利用，会减少工作人员受照剂量和降低退役成本。

缺点：监控仪表功能下降或失效；辅助系统/支持系统(水、电、气、通讯等)能力的减弱或失效；熟悉核设施人员的流散和消失；资料档案的散失；处置费用上涨和通货膨胀；需要长期监督、维护、监测和保安，必须有持续的经费保证；法规标准可能变化，公众接受性可能改变。

2.2.3. 封固埋葬

优点：封固埋葬可以大大减少去污、拆卸工程量，减少废物的整备、运输、贮存和处置费用，减少

工作人员的受照剂量。

缺点：场址必须具备作最终处置场址的条件；对于存在较多 α 核素和长寿命核素的核设施，对于处于人口较多、地下水位较浅、场地有应用前景的核设施，均不宜采用封固埋葬策略。

2.3. 核设施退役的基本程序

核设施退役是一项复杂的系统工程，不是简单的拆除活动，其难度和复杂性可能会超过新建工程，主要包括退役前的准备和退役实施。

2.3.1. 退役前的准备

退役的准备工作包括组织准备和技术准备两个方面。

组织准备：以退役项目为中心建立组织管理体系。退役项目组根据相关法律法规编制核设施退役项目建议书、可行性研究报告、安全分析报告、环境影响报告、质量保证大纲等文件，确定退役策略并通过专家和主管当局的论证和批准。

技术准备：退役前对核设施放射性状态的确定，即源项调查；退役设施的识别；退役操作设备和工具的设计、研制和购置以及退役计划的安排。

2.3.2. 退役实施

核设施退役实施主要围绕核设施的解体、去污与清理以及污染物的处理开展工作，包括评价、开发、作业、终结这四个基本步骤。

1) 评价阶段：初步特性调查和评论、决策过程。为了取得项目的基础数据，需要进行特性调查，包括化学、物理和辐射的特性调查，从而确定退役方案。

2) 开发阶段：退役方案选定以后，进行详细的工程设计、编制出退役计划。该计划包括：特性调查资料、退役方案评论、方案的正确判断、遵从管制的条款、预期的人员照射量、放射性废物的体积和费用以及退役计划中其它的物项。

3) 作业阶段：退役项目的实施将完全遵照已批准的退役计划所确定的方针，而退役期间产生的废物要依照适用法规加以管理。作业包括：保健物理控制、去污、拆除、拆毁、废物管理、装置修改、运输和处置。

4) 终结：在退役项目结束时，将进行最后的化学和辐射普查测量，并编写项目最终报告。

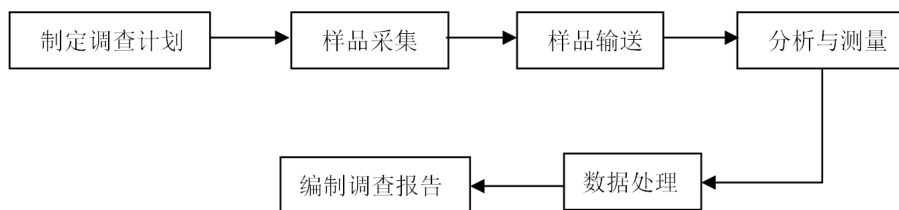
3. 核设施退役的工程技术[3]

核设施退役工程技术主要包括特性调查、去污和拆除(分割、拆毁)技术等三部分。

3.1. 特性调查

特性调查是制订退役方案，估算退役费用、进度和废物量，及作好辐射防护和应急准备的依据。其目标主要是确定各类表面、物项等是否受到污染、污染类型及分布情况，主要提供：1) 放射性盘存量(包括活度和核素)；2) 污染分布(最好能绘出污染分布图)。

实施特性调查的基本程序如下：



3.2. 去污

用清洗、加热、化学或电化学作用、机械清洗或其他方法去除核设施或设备表面上的污染物称之为去污。去污的主要目的是：1) 降低辐射水平，使工作人员可接近进行切割解体和拆除作业；2) 降低污染水平，使放射性水平降低或非 α 化，甚至达到可不以放射性废物对待，或者可以再利用。前者对实施退役操作是十分必要的，后者对实现废物最少化很有意义。

去污是退役过程中常用的工艺操作，可采用的去污方法很多，主要分为化学去污和机械去污两大类。除此之外，国内外还开发了许多新的去污工艺技术。

3.2.1. 化学去污

化学去污是用浓的或稀的溶剂与污染的部件相接触，使覆盖在金属基体上的污染物层或金属基体本身溶解。核工业中化学去污的目的是去除管道、部件、设备和设施表面上的固定放射性污染物。化学去污可有效地降低大面积区域的放射性活度，因而可代替部分或完全的拆除。常用的试剂包括：水、强无机酸、酸的盐、有机酸/弱酸、碱性盐、络合剂、氧化和还原剂、洗涤剂 and 表面活性剂、有机溶剂等。

化学去污的优点：适用于难以接近的表面的去污；需要的工作时间少；能就地对工艺设备和工艺管道进行去污，可以遥控操作；气载有害物质少；采用的化学试剂易得；清洗液一般经处理可再使用。

化学去污的缺点：对于多孔表面的常常不是很有效；产生大体积的废物；可能产生混合废物；当使用不当时会产生腐蚀和安全方面的问题；对不同的表面需要不同的试剂；需要对排放加以控制；对工作量的去污，一般需要建有化学药品贮存和收集设施；在适用的地方还须考虑临界问题。

3.2.2. 机械去污

机械去污法可分为表面净化(例如清扫、擦洗、洗涤)或表面去除(例如喷丸、粗琢、钻凿和剥离)。机械去污可用作化学去污的替代方法，也可与化学去污同时使用或与化学去污先后使用。

机械去污技术主要有水冲洗、除尘/抽真空/擦洗/刷洗、固定/稳定涂层、喷丸去除金属基涂层或表层、可剥离膜涂层、蒸汽净化、喷泡沫塑料法、喷二氧化碳(干冰)法。

3.2.3. 其他去污技术

除化学去污和机械去污外，电抛光技术、超声波法、振动抛光法也是去除放射性污染的方法。随着科技进步，还产生了一些新的去污技术，如光烧蚀法、微波粗琢、火焰法、火焰剥落法、等离子体焰炬法、电阻法和微生物降解法等。

3.3. 拆除(分割、拆毁)技术

核设施退役大多涉及金属部件的分割以及混凝土的切割和拆毁。在大多数情况下，拆除作业采用切割、解体和爆破等方法。金属的切割可用电弧锯、等离子割炬、弓锯、带锯、剪切机、砂轮切割机或圆盘切断机。混凝土的破碎可用受控爆破、砸锤、冲头、火焰切割器、凿岩机或重型钻孔机。

拆除过程中所需考虑的因素包括：

- 1) 污染物的位置(例如，封闭液体系统的内、外表面)；
- 2) 材料(例如，钢、混凝土)；
- 3) 运行历史情况(确定污染层剖面)；
- 4) 污染物的性质(例如：氧化物、腐蚀积垢物、微粒、污泥)；
- 5) 先前使用的去污工艺的有效性；
- 6) 污染物的分布(例如，表面，裂纹、在大量材料中的均匀分布)；

- 7) 对人体健康和环境的照射量;
- 8) 安全环境及社会问题。

4. 核设施退役辐射监测

核设施退役的辐射监测是贯穿退役工程全过程的重要技术手段,通过对设施污染或潜在污染区域如建筑物表面或土壤实施放射学检测,可了解放射性积存量及核素转移、衰变的规律,有利于选择核设施退役时间以及促进设施的安全退役;辐射监测是实现退役工程中对职业性人员防护和环境保护的重要技术措施,通过核设施退役辐射场监测,了解整个核设施各个组成部分剂量率分布是预计工作人员受照剂量的前提条件。

一般可将核设施退役辐射监测分为污染源项监测、保健物理监测和环境监测三种类型。

4.1. 污染源项监测

通过污染源项调查监测估算退役核设施的放射性的总活度及其分布,根据污染核素及沾污水平对部件、设备设施、场所等进行分类,并制订相应的拆除、解体、暂存、搬运或去污处理措施。

污染源项调查监测的难度在于设备、部件、厂房、场所等的放射性分布往往不均匀,放射性核素种类复杂,且具有空间分布特征。

4.2. 保健物理监测

核设施退役保健物理监测除了现场空气采样及场所监测外,工作人员的个人防护和个人剂量监测是其重点。需要依据辐射类型配备个人防护用具和个人剂量计,并建立必要的生物监测措施(如尿中放射性核素分析等)和卫生间通过监测制度等。

4.3. 环境监测

核设施退役环境监测一般包括气体、气溶胶样品、水、土壤和生物样品等的监测。

5. 结束语

核设施退役是综合性的工程,其过程非常复杂,退役前必须做好充足的准备,制定详细的计划和实施方案,并严格执行。退役实施过程中需要与各种不同组织之间进行协调,保护人员健康以及防止影响公众安全的放射性材料的丢失、被盗或相关设施被损坏。

参考文献 (References)

- [1] 罗上庚. 核设施退役中几个值得重视的问题[J]. 辐射防护, 2002, 22(3), 129-134.
- [2] 任宪文, 刘文仓. 核设施退役废物管理[J]. 辐射防护通讯, 2008, 28(4), 1-7.
- [3] 赵世信, 赵华松. 核设施退役[J]. 清洗世界, 2006, 22(4), 22-26.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：nst@hanspub.org