

# 某放化实验室退役的实践与经验

耿 弟, 毛 毳, 刘裕华

清华大学核能与新能源技术研究院, 北京

收稿日期: 2023年9月18日; 录用日期: 2023年9月28日; 发布日期: 2023年10月25日

## 摘 要

本文介绍了清华大学两个放化实验室退役的实施过程。该项目历经十年, 经历了复杂的过程和诸多挑战。但在施工方和项目负责单位的共同努力下, 最终圆满地完成了任务, 并积累了丰富的退役经验。本文详细描述了从立项到最后验收的全过程中涉及到的各种问题和应对措施。还强调了项目实施过程中的关键因素, 如项目管理、源项调查、废物最小化、辐射防护、工业安全和废物运输等。总的来说, 本文对放化实验室退役项目的实施提供了有价值的经验和建议, 可供其他类似放化实验室和团队参考和借鉴。

## 关键词

放化实验室退役, 源项调查, 废物最小化, 实践经验

# The Practice and Experience of Decommissioning a Radiology and Chemical Laboratory

Di Geng, Cui Mao, Yuhua Liu

Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing

Received: Sep. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 28<sup>th</sup>, 2023; published: Oct. 25<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

This paper introduces the implementation process of decommissioning two radiology and chemical laboratories at Tsinghua University. The project has gone through a decade of complex processes and many challenges, but with the joint efforts of the construction team and the project responsible unit, the task was successfully completed and rich decommissioning experience was accumulated. The paper provides a detailed description of the entire process from project initiation to final acceptance, including various issues and corresponding measures. It also emphasizes key factors in project

文章引用: 耿弟, 毛毳, 刘裕华. 某放化实验室退役的实践与经验[J]. 核科学与技术, 2023, 11(4): 360-367.

DOI: 10.12677/nst.2023.114038

execution, such as project management, source characterization, waste minimization, radiation protection, industrial safety, and waste transportation. Overall, this paper provides valuable experience and recommendations for the implementation of laboratory decommissioning projects, which can be used for reference by other laboratories and teams.

## Keywords

Radiology and Chemical Laboratory Decommissioning, Source Characterization, Waste Minimization, Practical Experience

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

实验室是科学研究的重要场所，它们扮演着推动知识进步和技术发展的关键角色。然而，与时间同步的是实验室设施的老化和退役，这是一个不可避免的现实。实验室退役，尤其是那些涉及化学和放射性物质的实验室，需要谨慎规划和严格执行。它不仅关系到科研团队的安全和健康，还涉及到对环境的长期影响。在实验室退役的过程中，需要面对多重挑战，包括合规性、安全性、环境保护等方面的问题。本文将深入探讨清华大学两个放化实验室退役的实践与经验，以提供在这一关键过程中所积累的经验 and 见解。这些放化实验室退役的实践经验可作为其他实验室在面临类似问题时的参考，以确保退役过程的顺利进行，并减少潜在的风险和环境影响。

本文两个放化实验室在退役过程中借鉴了很多其他放射性场所及放化实验室的退役经验和方法[1]，包括源项调查[2]、安全管理[3]、辐射防护[4] [5]及环境评价[6]等方面，获得了很大的帮助。然而，目前有关研究文献十分有限，放化实验室的情况却非常复杂，每个放化实验室的退役都可能会遇到新的问题和挑战。本文将详细介绍清华大学两个放化实验室的具体情况，包括项目管理、源项调查、废物最小化、人员辐射防护、工业安全及废物运输等多个方面。最后将给出一些总结与建议，以帮助其他实验室更好地应对类似的退役任务。

通过分享放化实验室退役的实践与经验，希望能够为科研团队、实验室管理者和环境保护人员提供有用的信息，以确保实验室的生命周期管理在科学、安全和环保方面都得到妥善处理。

## 2. 放化实验室概况

清华大学于上世纪 60 年代适应国家需要，先后建成两个放化实验室。一个是为放射性发光粉研究和生产而建设，简称 156 实验室，如图 1 所示。该实验室 1965 年批准建设，1968 年建成投产，建筑面积 1100 m<sup>2</sup>，设计寿命 20 年，后经过多次改造，2008 年停止运行。实验室安装有通风柜、手套箱、铸铁屏蔽层的工作箱，分别用于原料包装拆除、倒料和原料混合等操作。设有废物储藏间、卫生通道、剂量测量室(见图 2)，水净化处理系统，液体流出物经处理后由管道排至渗井，厂房排气过滤后由房间屋顶的烟囱排出。实验室放射性源项以低能  $\beta$  核素为主。

另一个实验室是为开展铀、钍、稀土元素萃取试验而建设，简称 116 实验室，如图 3 及图 4 所示。该实验室建筑面积约 600 m<sup>2</sup>。局部二楼实验室内安装有萃取柱、进排风系统、上下水系统、采暖系统、供电系统等辅助设施。1964 年开始投入运行，1988 年该实验室停止运行并封闭。实验室放射性源项以  $\alpha$

核素为主， $\gamma$  射线外照射并不显著。



**Figure 1.** Exterior of laboratory 156  
**图 1.** 156 实验室外观



**Figure 2.** Dose measurement room of laboratory 156  
**图 2.** 156 实验室中的剂量测量室



**Figure 3.** Exterior of laboratory 116  
**图 3.** 116 实验室外观



Figure 4. Interior hall of laboratory 116

图 4. 116 实验室内部大厅

两个实验室运行近 50 年来,为国防现代化建设做出了巨大贡献。经过多年运行,实验室及内部设备有不同程度的老化和放射性污染,设施存在诸多安全隐患。后来,实验室间逐渐成为废物暂存库使用。为消除核安全隐患、保护环境和公众安全,清华大学决定将上述两个实验室退役和废物治理工作列入十三五退役治理规划。在十三五期间,完成了两个实验室的退役,厂址达到了设计的退役目标,没有产生遗留未完工工程。这是清华大学历史上首个完成的退役项目,对退役项目进行了一次全过程实践,也是一次完整的学习和锻炼。

### 3. 退役实施

#### 3.1. 项目管理

退役项目从大的范围来讲属于固定资产投资工程建设类,但是与新建工程项目有本质的区别,首先体现在执行消防、职业安全、职业卫生的报批手续时,体现出它的特殊性,即不属于新建、改建、扩建、技术引进和技术改造中的任何一项,在工程项目的申请、验收管理时,难以对号入座。其次工程项目有属于它的自身特点,这对高校和科研院所而言,从规章制度的建立和完善、质保体系建设、人员配备、财务管理单独核算需要配套等,提出了新的要求。此外,遇到的问题还有项目建设周期、退役目标、退役内容调整等,均要逐一解决。

#### 3.2. 源项调查

源项调查是退役项目一切工作的前提,源项调查的彻底与否,直接会影响到项目的进度和施工计划,最终的结果是导致退役成本增加,工期延长。老旧实验室退役,普遍存在设计资料标准低甚至没有或者是找不到设计资料,后期运行记录不完整。更有甚者,一些当年在实验室工作过、熟悉实验室情况的人员也已退休或转岗,造成前期源项调查难以做到密而不漏。仅有的零星的、支离破碎的资料或者是口口相传的信息不能保证源项调查的全覆盖。以本文中的老旧实验室为例,源项调查前,内部已经堆满杂物,有的区域甚至难以插足(见图 5)。此次退役实施,在源项调查时发现实验室有一个地坑,遗留有  $16\text{ m}^3$  的有机废液,施工过程中发现实验室整个地下全部是大小不一的地坑,每个坑内均有废液,后经测量统计

共  $103 \text{ m}^3$ 。这样一来，使施工方案受到影响。还有地下各种管道调查，这在前期源项调查时是难以触及的。涉及到地下工程的项目，在实施过程中遇到的困难要比单纯地上的、可见的工程要复杂的多，对这一点要有充分的思想准备。



Figure 5. Front area corridor of laboratory 156  
图 5. 156 实验室前区走廊

### 3.3. 废物最小化

实验室退役，一方面要能够消除安全隐患，这也是退役的首要目的，另一方面则是要达到废物最小化。在前期源项调查难以彻底的情况下，后期施工过程中加强放射性监测是非常重要的环节，这对于废物分类尤其关键(如图 6 所示)。在测量环节，由于测量对象取样困难，且样品不规则，现场条件恶劣，对于核素谱分析的准确性有一定难度，对于其他没有特征  $\gamma$  射线的核素而言，目前还存在现场测量盲区。如果都取样进行实验室分析，施工效率会受影响。在构筑物拆除、废物转运过程中，要考虑周密，措施有效，避免造成二次污染。金属废物应运到有条件的地方进行去污、熔炼、资源再利用。



Figure 6. Radioactive measurement and classification of the disposed waste  
图 6. 对清理出来的废物进行放射性测量分类

退役产生的固体废物与源项调查估算的废物量相差较大，这里有源项调查不彻底、废物量估算不准

确的因素，但施工中充分发挥现场测量环节的作用，可弥补前期的不足。退役实际送去处置共计 182 桶碳钢废物桶(200 L/桶) (如图 7 所示)、18 个 FA-IV 型固定钢箱。极低放废物 103 袋(400 L/袋)，送极低放废物至填埋场处置。经过整备累计减容 94.9 m<sup>3</sup>。拆除清理非放射性建筑物约 930 吨，送至北京市昌平区建筑垃圾消纳厂处理。完成普通化学试剂送贮两批次，毛重合计 372.05 公斤，由北京红树林公司收集销毁。完成金属汞送贮 1 次，毛重 80 公斤，由北京生态岛公司收集销毁。



Figure 7. Carbon steel waste drum after cement solidification  
图 7. 水泥固化后的碳钢废物桶

### 3.4. 人员辐射防护

#### 3.4.1. 剂量管理约束值

根据本项目的环境影响评价报告，个人剂量管理约束值为 10 mSv。监测结果表明，施工期间(最长 16 个月)人员接受的总剂量(内照射及外照射之和)为 0.19~9.16 mSv，在项目制定的个人剂量管理目标值范围内。

这里主要强调特殊核素，如氙的防护。氙是低能  $\beta$  核素，具有很强的渗透性，在防护时要特别注意吸入与皮肤渗入。密闭是防止氙气体扩散的主要手段。通过送风、排风把工作场所的空气稀释、净化，降低场所空气中的氙浓度。氙的测量，用流气式氙表面污染测量仪，此外还应分析工作人员尿中氙浓度来估算摄入体内的氙内照射剂量，尿氙剂量监测包括所有可能摄入氙的工作人员，半年进行一次尿检。

#### 3.4.2. 退役终态场址土壤中放射性残留水平管理目标值

实验室退役终态达到无限制开放水平，环评批复场址残留放射性核素对公众中关键居民组成员所造成的附加年有效剂量不超过 0.02 mSv。相对 GB 18871-2002 中，对放射性残存物持续照射的剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%，即 0.1 mSv/年~0.3 mSv/年的范围之内而言，是比较保守的，接踵而至的就是对土壤中放射性核素残留水平的控制就更加严格。

### 3.5. 工业安全

放化实验室退役，重视放射性照射的安全是顺理成章的事，但是不能忽视非放射性的安全。这方面从项目可研报告到实施方案就应得到足够的重视，它的危害比放射性效果更明显。作业班组实行每班班前、班中、班后三检制，不定期检查还要视工程进展情况而定，安全检查有记录。对查出的隐患制定整

改措施,及时整改,做到定人、定时间、定措施。如有危及人身安全的险情,立即停工,处理合格后方可施工。因为除了放射性外,实验室还可能遗留有剧毒物品、易燃易爆物品等,这方面的施工也要格外注意[7]。

### 3.6. 废物运输

运输人员、车辆的资质,行车要求及应急预案等。如果目标运输距离远、时间长,实施运输过程中需要保证绝对安全等因素,货包启运前做好以下工作:

1) 提前经有关监测单位办理“放射性物质货包表面污染及辐射水平检查证明书”和“危险货物运输许可证”。

2) 在行车途中及每日到达停靠地点后,认真对车内的货物、车辆状况进行检查,并填写运输放射性物质车辆路途行驶安全登记表,进行签字备案。

3) 车辆发生故障需修理时,选择安全地点和具有相关资质的汽车修理企业。在车辆修理过程中,采取可靠的安全防护措施。

4) 各车辆配备危险标志牌、灭火器和常用维修的工器具。应急指挥车配备专项应急物资。

5) 如遇特殊情况,如交通事故等立即封锁现场并告知当地公安部门、运输管理部门、卫生防疫部门协同控制现场,防止事态扩大。

6) 如果运输货包受到破坏,放射性污染物扩散到外面或者外层包装受到严重破坏时,立即启动事故应急预案并向当地公安部门和卫生监督机构报告事故,在事故地点划出适当的安全区,设置警戒线、悬挂警告牌。

## 4. 总结和建议

1) 项目退役前的顶层设计时要确定好退役目标,包括厂址要达到有限制开放还是无限制开放,决定后续实施方案的编制深度。

2) 实验室退役时,厂房表面上还是完整的,等到去污退役结束后,尤其是墙体经过切割、打磨等方式剥掉污染层后,墙体承载力下降,甚至变成危房,基本无利用价值。建议老旧实验室退役亦采取整体拆除的方式。设施退役后,土地并不转成社会公共建设用地,所以退役目标亦设定为有限制开放。

3) 项目验收的重点是财务审计、核安全和档案。环评、职业安全、职业卫生现在要求业主自主验收,存档备查。

4) 前期源项调查工程量较大,直接影响到后期设计及经费概算,目前的项目管理只把它作为退役的前期工作,重视程度不够,经费和人力物力投入不够。

## 基金项目

核研院核与辐射应急安全保障系统工程(一期)(52280100221)。

## 参考文献

- [1] 魏建成. 某实验室及放射性标准源库退役整治方法研究[J]. 化工设计通讯, 2019, 45(10): 144-145.
- [2] 曾俊辉, 张东, 苑国琪, 等. 放化实验室退役源项调查方法初探[C]//中国核学会核化学与放射化学分会. 第七届全国核化学与放射化学学术讨论会论文摘要集. 2005: 176.
- [3] 李军, 李坚, 王尔为. 放化实验室的退役及其安全管理[C]//全国放射源安全研讨会. 全国放射源安全研讨会论文集. 北京: 中国核学会, 2001: 172-175.
- [4] 方雪昕, 张春保, 胡培, 等. 放射性实验室退役过程中的辐射防护应用与实践[C]//中国核学会辐射防护分会学

- 
- 术年会. 中国核学会辐射防护分会 2012 年学术年会论文集. 北京: 中国核学会, 2012: 182-188.
- [5] 但贵萍, 文炜, 谭昭怡, 等. 某涉氡实验室退役前期源项调查中的辐射防护[C]// “二十一世纪初辐射防护论坛”第十次会议. 核与辐射设施退役及放射性废物治理研讨会论文集. 2012: 490-503.
- [6] 陈文革. 甘肃省核地质 213 大队退役实验室环境评价[J]. 甘肃科技, 2014, 30(23): 51-53.  
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-0952.2014.23.015>
- [7] HAD 401/14-2021. 核技术利用设施退役[S]. 北京: 国家核安全局, 2021.