

Laboratory Construction of Simulative Radioactive Waste Water Treatment Technology

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

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

Received: Apr. 1st, 2015; accepted: Apr. 17th, 2015; published: Apr. 22nd, 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

With the improving attention of human on the living environment, properly treating radioactive waste water produced by various types of nuclear facilities is gaining more and more concern. Research institutes and universities have carried out extensive research on radioactive waste water treatment. Laboratory of simulative radioactive waste water treatment technology is an important site and achievements transformation tool for studying new processing technology and improving the original processing technology. This paper has shared the initial experience on laboratory construction of simulative radioactive waste water treatment technology. And it is a certain reference to similar laboratory construction.

Keywords

Simulative Radioactive Waste Water, Treatment Technology, Laboratory

模拟放射性废水处理技术实验室建设初探

马若霞, 方祥洪, 杨彬, 任力, 华伟

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

收稿日期：2015年4月1日；录用日期：2015年4月17日；发布日期：2015年4月22日

摘要

随着人类对生存环境重视程度的提高，各类核设施产生的放射性废水妥善处理问题已经越来越收到人们的关注。科研院所和高校对放射性废水处理进行了广泛的研究。模拟放射性废水处理技术实验室是研究新的处理技术以及对原有处理技术的改进探索的重要场地和科研成果转化工具。本文分享了模拟放射性废水处理技术试验室的初步建设经验，对同类实验室建设具有一定的参考指导意义。

关键词

模拟放射性废水，处理技术，实验室

1. 引言

日本福岛事故后，世界范围内对放射性废水的妥善处理给予了广泛关注。我国国家标准《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》(GB 14587-2011)和《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011)也对核电站的放射性液态流出物的排放提出了更高的要求——滨海厂址的核电站，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳-14外其他放射性核素浓度不应超过 1000 Bq/L，对于内陆厂址，此数值为 100 Bq/L。要达到新排放标准的要求，需要对放射性废水进行深度处理。处理程度的深化，使得对放射性废水处理技术的要求相应提高。而建设模拟放射性废水处理技术实验室，用以研究新的处理技术以及对原有处理技术的改进，成为各科研院所、高校提高放射性废水处理技术水平的必要工具。实验室中的废水为模拟放射性废水，即用非放射性核素模拟其放射性同位素。

2. 模拟放射性废水处理技术实验室的主要功能和整体布置

2.1. 模拟放射性废水处理技术实验室的主要功能

模拟放射性废水处理技术实验室主要用以研究新的处理技术以及对原有处理技术的改进方法研究，并配有进行原理实验研究的功能，以及基本的分析检测功能。

2.2. 模拟放射性废水处理技术实验室的整体布置

试验室应注重合理布局，功能区分区明确。在满足试验要求的前提下应考虑通风、供水、排水以及电气的因素，力求科学、合理、先进实用、美观大方，充分利用空间，节约占地面积。

本实验室建筑面积共计约 200 m²，按两层结构进行设置，第 1 层层高为 4 米，第 2 层层高为 3 米。基本功能区包括：流程试验间、综合化学处理间、仪器分析间、办公室和储藏间。

- 1) 流程试验间——用于放置模拟放射性废水处理流程实验台架，房间布置于第 1 层；
- 2) 综合化学处理间——用于放置化学实验台架，实验人员从事分析样品处理及小型原理实验，房间布置于 1 层；
- 3) 仪器分析间——用于布放各类分析检测仪表和设备，房间布置于 2 层；
- 4) 办公室——用于实验人员办公和休息，房间布置于 2 层；
- 5) 储藏间——用于存放杂物，房间布置于 1 层。

3. 模拟放射性废水处理技术实验室硬件设备

3.1. 模拟放射性废水处理流程实验台架

本实验室是立足于工程应用的放射性废水处理技术实验室，因此处理技术的研究主要是针对现有成熟技术的适用性改造以及具有应用前景的新技术开发。

3.1.1. 放射性废水处理技术

目前，对放射性废液的处理比较成熟的技术包括：化学絮凝沉淀技术、离子交换技术和蒸发技术[1]-[3]。膜技术在国外核电站中已有应用，但在国内的放射性废水处理技术领域的应用鲜见报道。

1) 离子交换技术——是目前中、低放废水的主要处理方式。放射性核素在水中是微量存在的，因而很适合离子交换处理，并且在没有非放射性离子干扰的情况下，离子交换剂能够在很长时间内工作而不失效。近年的研究主要是新型离子交换剂的制备及其性能的探索，离子交换剂可分为无机交换剂和有机交换剂两类。前者具有良好的热稳定性和抗辐射能力，而后者在高温或强辐射时易分解，不易于固定化处置。近年的研究有将无机与有机离子交换剂进行组合的尝试。

2) 蒸发技术——使用蒸发处理技术时，放射性核素大部分被留在蒸残液中，从而减小了放射性废液的体积。产生的蒸汽冷凝后达到排放标准，收集到冷凝液槽罐中监测排放。蒸发的主要方式包括：自然循环式蒸发、闪蒸、真空蒸发、红外加热蒸发、热泵蒸发等。

3) 化学絮凝沉淀技术——是将沉淀剂与废液中微量的放射性核素发生共沉淀作用的方法。化学处理的目的是使废液中的放射性核素转移并浓集到小体积的污泥中去，而使沉积后的废液剩余很少的放射性，从而能够达到排放标准。

4) 膜技术——是以压力为推动力，依靠膜的选择性进行分离与浓缩的技术。同种元素的同位素化学性质基本相同，这是采用膜技术处理放射性废液的科学依据。液体处理膜技术主要包括电渗析、微滤、超滤、纳滤和反渗透等。

3.1.2. 模拟放射性废水处理流程实验台架

针对目前应用成熟的或有可能应用于工程的放射性废水处理技术，在本实验室中设置了离子交换技术、蒸发技术、化学絮凝沉淀技术和膜技术的模拟放射性废水处理流程试验台架。受建设场地限制，各试验台架的占地面积收到制约，因此个试验台架的处理量较小。

1) 离子交换技术试验台架——处理量为 20 L/h，设置有数根离子交换柱壳体，预处理单元壳体、后置过滤器、管道注射器、离心泵，并设有流量计、压力表、压差计、电控箱、漏电保护开关、按钮开关及连接管道和球阀等。各级离子交换柱可串联运行或独立运行。系统管道和部件材质为不锈钢。离子交换技术试验台架见图 1。

2) 蒸发技术试验装台架——处理量为 50 L/h，设有蒸汽压缩机、预热器、蒸发器、汽水分离器、原液泵、浓缩液泵、真空泵、分离室、冷凝液缓冲槽，并设有流量计、压力表、电控箱、按钮开关以及连接管道和阀门等。系统管道和部件材质为不锈钢。

3) 化学絮凝试验台架——处理量为 20 L/h，设置有中和池、高位调节箱、加药箱、絮凝反应池、斜板沉淀池、水泵、电机搅拌器，并设有流量计、压力表、电控箱、漏电保护开关、按钮开关以及连接管道和球阀等。系统管道和部件材质为不锈钢。化学絮凝沉淀技术实验台架见图 2。

4) 膜技术试验装置——处理量为 20 L/h，设置有浓水箱、高压泵、预过滤器、反渗透膜组件，并设有流量计，压力表、压差表、电控箱、漏电保护开关、按钮开关以及接管道和球阀等。两级反渗透膜可串联运行或独立运行。系统管道和部件材质为不锈钢。膜处理技术实验台架见图 3。



Figure 1. Ion exchange technology experiment platform
图 1. 离子交换技术实验台架



Figure 2. Chemical flocculation precipitation technology experiment platform
图 2. 化学絮凝沉淀技术实验台架



Figure 3. Membrane separation treatment technology experiment platform
图 3. 膜处理技术实验台架

3.2. 分析仪器设备

为初步形成模拟放射性废水处理的实验能力及配套的分析检验能力，本实验室设置了综合化学处理间和仪器分析间。受建设场地面积限制，综合和学处理间和仪器分析间分开设置。

1) 综合化学处理间中设置实验台、通风柜等基本设备，用于实验人员从事样品分析处理及小型原理实验；

2) 仪器分析间中主要的仪器设备包括原子吸收光谱仪、分光光度计、去离子水制备机、电子分析天平、酸度计、电导率仪、COD 分析仪、通风柜、样品存储冰箱等，其中原子吸收光谱仪单独设置隔间。

4. 实验人员队伍建设

实验管理人员和技术人员的素质是实验室安全运行的关键因素，思想作风好、业务水平高、具有创新意识与能力，具备研究的科学态度、刻苦求实精神的试验管理人员和操作人员，不仅可以使实验室的正常运行，也可以保证设备的使用率大大提高。

实验室建设中，应加强实验管理人员和技术人员的培训教育，建立培训体系，及时更新实验仪器信息、掌握操作方法，定期组织学习、交流等良好的沟通方式。

5. 管理制度

规范实验室管理包括仪器设备管理、安全管理、实验室废水排放管理等，需制定行之有效的管理制度，保证实验室高效运行[4] [5]。

本实验室制定了以下管理制度：

仪器设备管理制度——仪器设备使用管理制度、仪器设备维修管理制度、仪器损坏登记/报废管理制度等；

安全管理制度——实验室管理制度、实验室安全制度、危险化学品药品规范化使用及保存制度等，并且实验室配备了灭火器、防毒面具等安全装备；

废水排放管理制度——本实验室排放的废物主要是废水。酸性或碱性废水，采用中和后集中排放的方式；对于含有 Sr、Cs、Co 等核素浓度较高的废水，将收集并统一运输至指定地点处理。

6. 结束语

模拟放射性废水处理技术实验室是将科研成果转化为工程应用的重要工具，但建设过程并不是一蹴而就的，应是循序渐进、逐步完善的过程。建设初期，受建设场地和建设资金的限制，建设者应考虑建立基本的实验、分析手段，并尽可能预留扩建或完善的空间，以便根据实际需要实验室进行改造。

参考文献 (References)

- [1] 苗俊婷 (2011) 放射性废水处理技术概述. *科教前沿*, **23**, 480.
- [2] 李小燕, 张叶 (2009) 放射性废水处理技术研究进展. *铀矿冶*, **3**, 154-155.
- [3] 赵卷 (2009) 反渗透技术在放射性废水处理中的应用. *中国核科学进展报告(第一卷)核化工分卷*, 118-124.
- [4] 孙宾宾, 马朝军 (2009) 化学实验室常见事故的预防和应急处理. *陕西国防工业职业技术学院学报*, **4**, 30-32.
- [5] 王庆雨, 张永利 (2012) 高校水处理实验室管理初探. *当代化工*, **8**, 865-867.