

Discussion on the Problems and Improvement Measures in the Treatment of Hospital Radioactive Wastewater

Xianghong Xu¹, Shufen Lou¹, Haili Sun¹, Sanli Yao²

¹Radiation Environment Monitoring Station of Zhejiang Province, Hangzhou Zhejiang

²Zhejiang Huanke Environment Consultancy Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang

Email: hbxxh@126.com

Received: Sep. 15th, 2016; accepted: Oct. 9th, 2016; published: Oct. 12th, 2016

Copyright © 2016 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

This paper discusses the treatment status of hospital radioactive wastewater, including the wastewater quality and the common treatment technologies, summarizes the existing problems in hospitals' wastewater treatment, and points out some corresponding improvement measures in technology and management.

Keywords

Radioactive Wastewater, Continuous, Periodic, Treatment, Problems, Measures

论医院放射性废水处理存在的问题及改进措施

徐向红¹, 楼淑芬¹, 孙海利¹, 姚三丽²

¹浙江省辐射环境监测站, 浙江 杭州

²浙江环科环境咨询有限公司, 浙江 杭州

Email: hbxxh@126.com

收稿日期: 2016年9月15日; 录用日期: 2016年10月9日; 发布日期: 2016年10月12日

摘要

论述医院放射性废水的处理现状，包括废水的水质情况，常用处理方法，再对各个医院废水处理中存在的问题归纳总结，在技术上、管理上提出相应的改进措施。

关键词

放射性废水，连续，间歇，处理，问题，措施

1. 前言

随着核技术应用的技术发展和成熟，各大医院应用开放性放射性核素作为诊断和治疗有效手段，其重要性也越来越突出。核医学产生的主要污染包括含有放射性同位素的废液、废水及被放射核素污染的固体废弃物，同时整个核素操作过程中还会产生辐射污染，及对操作场所产生表面污染等等。

现行有效的环境影响评价、“三同时”验收以及辐射安全许可证制度，对于辐射工作人员、工作场所、管理制度等都有严格的要求，对废液、固废的管理和处理处置有很好的规范作用，能够有效防止二次污染。

但由于医院的开放性同位素核素类别多，使用规模不等，放射性废水成分复杂且难以估算，而放射性废水处理设施多数埋于地下，不易检查。若核医学科放射性废水处理不当，达不到其设计处理效果，会对下游的污水处理系统造成压力，甚至影响整个医院污水处理系统的有效运行，因此保证医院放射性废水达标排放尤为重要。

本论文主要是通过分析医院放射性废水主要来源、分类和几种主要处理方法，针对放射性废水处理存在的主要问题，提出相应改进措施。

2. 医院放射性废水来源、水质和排放标准

2.1. 医院放射性废水的主要来源

一般来说，医院放射性废水主要来源：1) 在诊断和治疗过程中，病人服用放射性同位素后所产生的排泄物；2) 清洗病人服用的药杯、注射器和高强度放射性同位素分装时的移液管等器皿所产生的清洗水；3) 医用标记化合物制备及倾倒多余剂量放射性同位素排放的放射性废水。

2.2. 医院放射性废水水质

1) 放射性废水的分类标准

根据国际原子能机构(IAEA)规定，放射性废水按照其放射性活度大小可分为四级[1]，见表 1。

2) 医院放射性废水水质

根据 2003 年国家环保总局发布的《医院污水处理技术指南》[2]中第七章，放射性废水处理技术之相关规定：医院放射性废水的浓度范围为 $3.7 \times 10^2 \text{ Bq/L} \sim 3.7 \times 10^5 \text{ Bq/L}$ ，属于低放废水。2005 年，陕西省辐射环境监督管理站对其省内 6 家市级以上医院开展的放免分析进行调查，发现 6 家医院均只使用放射性同位素 ^{125}I ，且废水的排放浓度均在 $388 \sim 613 \text{ Bq/L}$ 之间[3]。泰山医学院附属聊城第二医院核医学科[4]利用 ^{131}I 开展 ECT 诊断和甲亢、甲癌治疗，当地市环保局检测到污水处理系统入口放射性废水浓度为 $2.11 \times 10^5 \text{ Bq/L}$ 。

Table 1. Classification criterion of radioactive wastewater**表 1.** 放射性废水分类标准

分级	放射性废水分类	放射性活度范围
第 I 级	弱放废水	$\leq 3.7 \times 10^2$ Bq/L
第 II 级	低放废水	3.7×10^2 Bq/L~ 3.7×10^5 Bq/L
第 III 级	中放废水	3.7×10^5 Bq/L~ 3.7×10^9 Bq/L
第 IV 级	高放废水	$\geq 3.7 \times 10^9$ Bq/L

通常情况下，医院进行诊疗所采用的放射性核素，其特点是核素的半衰期一般都较短，毒性相对较低，并且放射性废水的排放量也较低，一般在 $0.2\sim 5$ m³/d [5]。

调研发现，浙江省各医院核医学科常用放射性核素有 ⁸⁹Sr、^{99m}Tc、¹³¹I、¹⁵³Sm、³²P、¹⁸F、¹²⁵I 等，产生的放射性废水都具有水量小、放射性核素含量较低以及废水中主要放射性核素半衰期较短等显著特点，但放射性废水的纳管存在一定问题。现场踏勘发现，各医院核医学科产生放射性废水在一定程度上都没有做到合理有效的收集，部分医院病人服用放射性同位素后所产生的排泄物没有纳入医院专有的放射性废水收集池，而是混入陪诊病人排泄物收集池进入到医院生活污水处理系统，放射性废水收集池储存的更多是注射区域的洗漱冲洗水以及工作人员产生的生活污水，从而实际检测到的放射性废水活度偏低，部分核素的衰变不充分，导致出水口水质偶尔存在不达标现象；部分医院核素的使用量较大且种类较多，产生的放射性废水没有根据各核素特点做到合理有效的分类收集，而是直接排入医院衰变池中，当衰变池满废水进行排放时，部分衰变周期较长的核素可能衰变不充分，衰变池出水口水质偶尔存在不达标现象；部分医院因为核素的年使用量不高且不具有规律性，导致产生的放射性废水实际上并没有进行有效衰变而随医院生活污水直接排入城市污水管网系统，当偶有一次核素使用量较高时，医院出水口水质指标中该核素的浓度达不到排放标准。

2.3. 医院放射性废水排放标准

根据《医疗机构水污染物排放标准》[6] (GB18466-2005, 替代 GB8978-1996)规定，综合医疗机构和其他医疗机构，医院放射性废水污染物排放量限值(日均值)：总 $\alpha < 1$ Bq/L，总 $\beta < 10$ Bq/L。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) [7]的排放要求：每月排放总活度 < 10 ALI_{min} (ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入值中的较小者)，每次排放活度 < 1 ALI_{min}，并每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

3. 放射性废水处理方法

放射性废水的处理，从根本上讲，只能依靠自然衰变来降低以至消除其所含放射性核素的放射性，故其处理方法根本上来说无非是贮存与扩散两种。目前常用的处理方法主要有：化学沉淀法、离子交换法、膜分离法、蒸发浓缩法、吸附法以及贮存衰变法。

医院放射性废水主要用贮存衰变法。贮存衰变法是将放射性废水排入地下贮存衰变池贮存一定时间(一般为废水中最长半衰期核素的 10 个半衰期)，使废水中的放射性核素进行自然衰变，待废水的放射性指标达到国家管理限值时方可进行排放的一种方法。工程上主要有连续衰变池和间歇式衰变池两种形式。

3.1. 连续衰变池

连续衰变池的特点：进水和出水都是连续的，池内设置道导流墙，推流式排放，又称连续流动式衰

变池。连续流动式衰变池具有池容积小，占地面积小，造价较低，操作简单等优点。但是其抗冲击能力差，易发生放射性污染事故。连续衰变池示意图见图 1。

3.2. 间歇式衰变池

间歇式衰变池特点：采用两个或多格式衰变池轮流收集并贮存医院放射性废水(并联切换)，每格设计容积为最长半衰期核素数倍(可取 10 个半衰期废水总量的 50%)半衰期时间内产生放射性废水的排放量，待废水在池中经过衰变达到国家规定限值后，再排入周围环境中。

以 3 格衰变池(一个衰变池贮存 30 天的废水量)为例，其方法为：衰变池采用轮流收集贮存，轮流排放的形式。即放射性废水经化粪池处理后，先排入第一个衰变池，待满后关闭，启用第二个，让第一池废水自行衰变；待第二个满后，再启用第三个；待第三个收贮到第 20 天时，可开启第一池排放(此时第 1 批到第 2 批废水进池已分别有 50~80 天，20~50 天)，估算第一个衰变池核素的放射性活度(总活度小于 10 ALI_{\min})，对池水取样检测(需达标总 $\alpha < 1 \text{ Bq/L}$ ，总 $\beta < 10 \text{ Bq/L}$)，分 10 天排放第一池内废水，符合每次排放活度不超过 1 ALI_{\min} 、一个月不超过 10 ALI_{\min} 的规定要求。间歇式衰变池具有抗冲击能力强，出水水质稳定可靠，设备简单，管理方便等优点。间歇式衰变池示意图见图 2。

综上所述，在进行医院放射性废水处理时，以上方法均有其利弊，故实际运行中还需根据各医院放射性废水产生情况进行合理选择。

4. 存在的问题及改进措施

4.1. 处理流程

医院废水处理系统流程图见图 3。

4.2. 放射性废水处理存在问题和改进措施

问题 1：衰变池设计不合理，设计容量不够或者过大。调研发现，浙江省大部分医院生活污水和放射废水不分开，部分衰变池在运行阶段被大量的生活废水占用空间，导致部分核素衰变不充分，未能达标排放。

解决措施：1) 科学合理的设计方案，明确放射性废水中活度和废水总量；以放射性核素活度及衰变时间(以最大半衰期核素计)双控设计，改变原有废水处理方案中单纯以核素半衰期作为设计依据的局限性；2) 重视放废系统的独立性：生活污水和放射性废水分别排放，具体措施：根据工作场所分区、核素工作流程以及带核素病人人员活动线路，在设计时明确必须接入放射性废水管网的区域，可能产生表面污染及放射性废水区域必须设置纳管排水口，改变原有废水纳管不考虑生活污水和放射性废水区别而导致衰变池处理压力较大的现象；3) 分类收集：浓度较高、半衰期较长、量小的污水，也可暂时贮存在医院废物库带辐射防护的容器内，使其衰变；低浓度、半衰期短、量大的污水，可以直接排入衰变池；另外高强度的核素分装、注射时用的一次性注射器、医用标记化合物制备以及多余剂量的核素液体可做固体废物处置。

问题 2：调研发现，浙江省部分医院在处理放射性废水过程中，对于其中间产生的淤泥和废气等物质不够重视，容易导致二次污染问题。

解决措施：1) 根据废水来源、分类不同，分别采取初处理步骤；尤其对粪便类废水，应在污水处理池或者化粪池中净化处理，然后再将其排入衰变池，日常管理中做好清污环节，定期清理(半年一次)，清掏前应检测其辐射水平，达标方可处置；2) 废水处置系统需在关键点位设置排气管，槽体内添加少些碱性物质，做碱性化处理，预防碘升华。

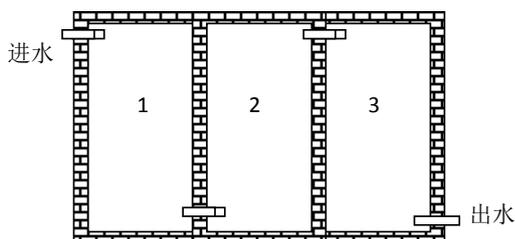


Figure 1. Schematic of continuous disintegration pool
图 1. 连续式衰变池示意图

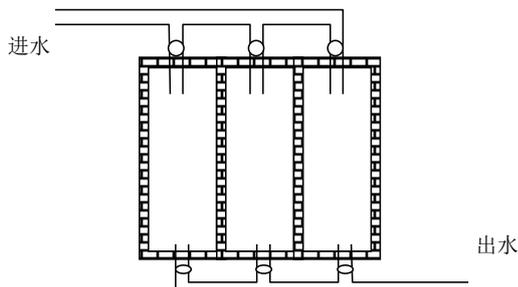


Figure 2. Schematic of periodic disintegration pool
图 2. 间歇式衰变池示意图

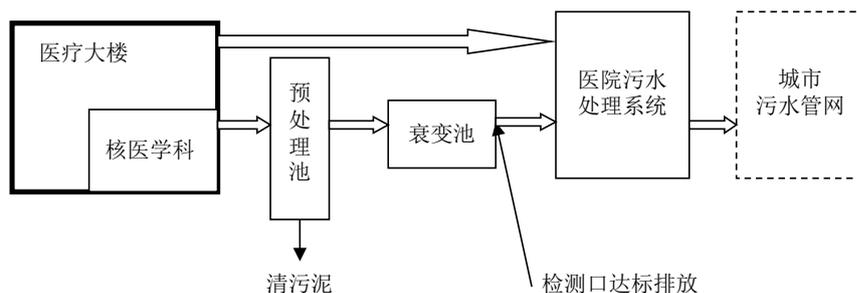


Figure 3. Schematic of radioactive wastewater treatment
图 3. 放射性废水处理流程示意图

问题 3：调研发现，浙江省大部分医院未在关键点位设置检测口、容易导致无序排放；未做好防渗措施，并对水量没有做统计登记，会对周围环境和地下水造成辐射污染。

解决措施：1) 根据标放标准，在关键点位设置检测设备，定期检测，达标排放，并确认废水处理系统安全有效工作；2) 严格做好废水处理系统所有相关设施和管路的防水防渗漏设计施工，还需要建立维护检修工作制度，保障其正常工作，运行期间不被酸碱腐蚀和不产生渗漏。

自动化控制及检测系统示意图见图 4。

问题 4：调研发现，浙江省大部分医院具备处理放射性废水的硬件设备(衰变池)，但是其医院管理工作不归口核医学科，甚至在基建等行政管理科室，工作人员不了解其具体原理，对废水容量、排放量以及排放频次等了解很少，对每次排放前的浓度和水量检测更是没有控制和记录。

改进措施：

1) 日常管理：为加强对医疗放射性废水的排放浓度和总量控制，医院和管理部门都要有相应的监测计划，分别开展日常检测和监督监测，以防止放射性废水的超标排放进入城市污水网，防止发生其他污染事故。

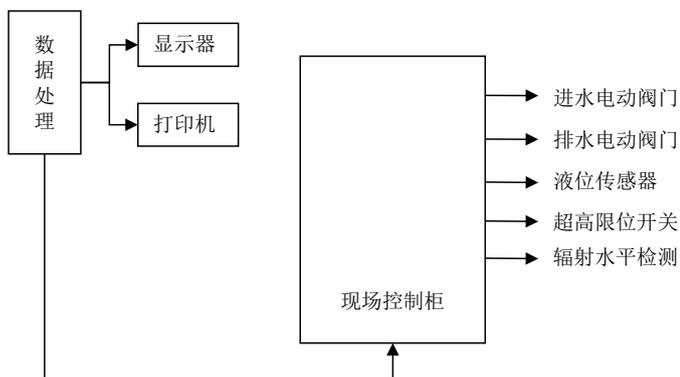


Figure 4. Schematic of automation control and testing system of radioactive wastewater treatment

图 4. 放射性废水处理系统自动化控制及检测系统示意图

2) 控制废水产生量：根据诊疗计划订制核素，避免浪费，减少污染环节，减少污水量，如：现在大部分医院订购洗脱后的 Mo-99，减少洗脱放射性废水量；I-131 采用自动分碘仪，减少高浓度废液产生量。

参考文献 (References)

- [1] 王宝贞. 放射性废水处理[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [2] 环境保护部. 医院污水处理技术指南[S]. 北京: 环境保护部, 2003.
- [3] 邓桂林, 侯少龙, 李建伟, 等. 医院放射性免疫分析中的辐射环境影响及预防措施[C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会学术年会优秀论文集, 2006: 3099-3101.
- [4] 杜桂珍, 刘雁, 袁士强, 等. 核医学放射性污水自动处理系统的初步应用[J]. 中国辐射卫生, 2008, 17(3): 327-328.
- [5] 苏丽娜, 纪涛. 医院特殊废水的处理方法[J]. 能源及环境, 2009(11): 18-23.
- [6] 环境保护部. 医疗机构水污染排放标准(GB18466-2005) [S]. 北京: 环境保护部, 2005.
- [7] 环境保护部. 电离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB18871-2002) [S]. 北京: 环境保护部, 2002.

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: wpt@hanspub.org