

# 《核医学废水处理技术规范》（送审稿）

## 编制说明

### 一、项目背景

#### （一）制定地方标准的必要性和意义

目前，深圳市甲状腺疾病呈高发态势，占核医学治疗的 90%以上，且所用放射性核素全部是碘-131。放射性核素碘对人的危害主要是会增加甲状腺癌的发生概率。根据国际放射防护委员会（ICRP）第 94 号出版物，碘-131 已成为核医学最重要的放射性核素，也是江河饮用水中最主要的污染核素。如果过量的碘-131 核素从核医学废水处理装置中超标排放，进入城镇污水处理设施后将存在污染城市水环境的风险。

近 10 年来，随着癌症病人的急剧增加，深圳市放射性药品使用量增长迅速，特别是碘-131 药物的使用量呈指数级增长，核医学废水产生量也急剧增加，存在较大环境安全隐患，主要体现在：

一是深圳市现有大部分核医学废水处理装置，建造时国内尚无专项的核医学废水处理技术标准。部分衰变池采用三级串联溢流式工艺，由于初期建设容量较小，新增产生的高活度核医学废水可能会从第一级衰变池溢出直接进入第三级衰变池，无法满足当前核医学废水衰变处理的工艺要求，存在较大超标排放隐患。

二是核医学废水衰变贮存装置的建筑材料选型和施工质量检验因缺乏具体技术要求，各个医疗单位的含碘核医学废水处理设施建设质量参差不齐，存在较大安全隐患。

三是核医学废水衰变贮存装置未设置监测取样口或设置不合理，监测技术人员取样难度高，增加了辐射暴露风险。

四是各相关单位对核医学废水的处理水平、对核医学废水处理设施的管理能力参差不齐，部分标准涉及核医学废水处理的少量条款中，内容多为原则性规定，对于实际工作的指导作用非常有限，增加了核医学废水超标排放的风险。

因此，开展核医学废水处理技术规范标准研制，规范核医学废水处理设施的选址、设计与建造，工艺设备，监测，运维管理等技术要求，对推动核医学废水

处理实现稳定达标排放，具有重要的现实意义。

## （二）国内外现行相关法律、法规和标准情况

### 1. 国内现行相关法律、法规和标准情况

《中华人民共和国放射性污染防治法》规定：生产、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当按照国务院环境保护行政主管部门的规定对其产生的放射性废物进行收集、包装、贮存；向环境排放放射性废气、废液，必须符合国家放射性污染防治标准，采用符合国务院环境保护行政主管部门规定的排放方式。

生态环境部办公厅、发展改革委办公厅等五部门联合印发《关于加快补齐医疗机构污水处理设施短板提高污染治理能力的通知》（环办水体〔2021〕19号）指出：医疗机构污水处理设施与环境治理体系和治理能力现代化要求相比，还存在部分医疗机构污水处理设施不健全、设施运维管理不完善、医疗机构污水排放执法监管不到位等问题。明确要求加快补齐设施建设短板，提高污染治理能力。

我国现行核医学废水排放的相关标准主要有：GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、GB 18466—2005《医疗机构水污染物排放标准》、HJ 2029—2013《医院污水处理工程技术规范》、HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》、GBZ 120—2020《核医学放射防护要求》。

GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》作为我国辐射防护的基本标准，仅在 8.6 中对核医学废水的排放允许的量与限值及其排放方式做了通用性的要求，未具体涉及核医学废水的收集及处理方式、工艺流程等。

GB 18466—2005《医疗机构水污染物排放标准》作为医疗机构总的水污染物排放标准，规定了医疗机构核医学废水需特殊排水应单独收集并进行处理排放，并提出总  $\alpha$ 、总  $\beta$  应在衰变池出口取样监测，总  $\alpha$  不大于 1 Bq/L、总  $\beta$  不大于 10 Bq/L 的排放限值要求。

HJ 2029—2013《医院污水处理工程技术规范》则给出了核医学废水的预处理工艺，包括核医学废水的浓度范围、排放限值、收集方式、管道及衰变池的防腐蚀及容积计算依据等原则性要求，但其容积计算要求难以满足其本身及其他现行标准的排放限值要求。

HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》规定了新建核医学废水处理

设施的设计和建造通用要求，填补了国内核医学废水处理的空白。但是该标准相关技术要求不详细，并且不涉及废水处理工艺流程优化、核医学废水处理设施的选址、辐射防护及设施的施工质量检验，运维管理等技术要求。

GBZ 120—2020《核医学放射防护要求》中 8.3 对核医学衰变池提出了简单的防护要求，对于核医学废水的处理并未做出详细规定。

## 2. 国外现行相关法律、法规和标准情况

国际上对核医学废水的主流处理方法有两种，一是将核医学废水稀释后直接排放；二是设置核医学废水处理设施，以确保废水得到收集和贮存，防止产生放射性污染。前一种不经衰变处理、直接稀释后排放的方法，无疑更简单、经济，但无形中增加了辐射暴露风险，其实施过程也受到诸多限制，不利于辐射安全监管。

目前，允许将核医学废水稀释后直接排放的国家有丹麦、芬兰、英国等。丹麦对核医学废水的管理政策规定，核医学废水可以经稀释后直接排放，但是在医院排水口与市政下水道交汇处，碘-131 浓度需要稀释到 0.1 MBq/L 以下；芬兰方面规定，核医学废水可以经稀释后直接排放，但不适用于核医学病人的排泄物，且任何时间内的单次排放量不能超过 100 MBq，一年内的排放量不能超过 100 GBq；此外，由于新增的大量甲癌甲亢患者和碘-131 治疗项目，英国方面也正考虑使用收集贮存、自然衰变的方法来处理碘-131 废水。

可以预见，随着各国核医学治疗、诊断业务的发展，放射性药物的使用量逐年上升，核医学废水处理的必要性不断增强。以往不经处理、直接稀释排放的方法，既不利于管理，也不利于辐射环境安全和核医学行业健康发展。

采取有效措施，确保核医学废水排放稳定达标是非常必要的。目前，法国、德国、北爱尔兰、立陶宛、卢森堡、荷兰等国家均出台规定，要求安装设置核医学废水处理设施。其中，德国方面的核医学废水排放标准最严，要求所有产生核医学废水的设施、场所均必要安装废水收集箱，核医学废水在排入城市污水管网时，废水活度浓度必须保持在 5 Bq/L 以下。此外，卢森堡、荷兰等国家则对核医学废水的衰变贮存时间提出了要求，卢森堡规定，所有的核医学治疗项目必须配备核医学废水贮存装置，病人排泄物在排放前至少存放 210 天，且从废水贮存装置排放时，下水道排泄物中碘-131 的活度浓度应保持在 5 Bq/L 以下。荷兰方

面则规定，对于半衰期低于 100 天的核素，其放射性废物应贮存至少 2 年，以便核素充分衰变。

## 二、工作简况

### （一）任务来源

为规范核医学废水处理设施的选址、设计与建造，工艺设计，监测，运维管理等技术要求，对推动核医学废水实现稳定达标排放，由广东省深圳生态环境监测中心站牵头起草，根据《深圳市市场监督管理局关于下达2022年深圳市地方标准计划项目任务的通知》，作为推荐性地方标准立项（项目编号：117）。

### （二）主要起草过程

#### 1. 前期准备阶段

2021 年 10 月～2022 年 1 月，开展前期调查研究工作，查阅整理了大量有关核医学废水处理的文献资料，并对深圳市核医学废水处理现状进行初步调研分析，结合深圳市核医学废水的处理现状与深圳市核医学科的发展趋势，评估深圳市核医学废水处理全过程中存在的辐射隐患与环境风险，形成基础资料，为标准的起草做好前期准备。

#### 2. 标准立项阶段

2022 年 1 月 18 日，根据深圳市市场监督管理局关于开展 2022 年深圳市地方标准制修订计划项目征集工作的通知，深圳市生态环境局组织填报了该标准的深圳市地方标准制修订计划项目建议书，随后经过专家评审和公示，2022 年 5 月 11 日，根据深圳市市场监督管理局关于下达 2022 年深圳市地方标准计划项目任务的通知，《核医学放射性废水处理技术规范》正式立项，后考虑到“放射性”为公众高敏感性词汇，故将标准名称变更为《核医学废水处理技术规范》。

#### 3. 标准预研阶段

2022 年 6 月，标准编制组正式成立，并确定了核心研究的任务分工。

2022 年 6 月～2023 年 11 月，开展了核医学废水处理现场调研、核医学废水贮存装置模型构建、关键技术指标检测、核医学废水处理工艺优化、核医学废水活度浓度检测、核素浓度分析、在线监控技术调研等核心技术研究工作。

#### 4. 标准起草阶段

2023 年 11 月上旬，标准编制组召开标准文稿编制启动会议，讨论确定标准大纲和框架，明确了各起草单位和起草人的任务分工。各参编单位按分工开展编写标准内容及其编制说明。

2023 年 11 月下旬~12 月，标准编制组各成员按启动会议拟定的进度要求，完成标准初稿及编制说明编写，并梳理、汇总形成《核医学废水处理技术规范》初稿及编制说明。

2024 年 1 月中旬，标准编制组召开会议，讨论标准初稿，各参编单位依据会议讨论意见进一步修改标准初稿及编制说明。

2024 年 1 月下旬~2 月，标准编制组完成对标准初稿修改完善，形成征求意见稿及编制说明。

#### 5. 征求意见阶段

2024 年 2 月中旬~4 月上旬，标准编制组广泛征求深圳市卫生健康委员会、深圳市罗湖区人民医院、北京大学深圳医院、深圳平乐骨伤科医院、深圳云泰医学影像诊断中心、深圳禾正医院、中国医学科学院阜外医院深圳医院、华中科技大学协和深圳医院、深圳市人民医院、深圳市龙华区人民医院、深圳市龙华区中心医院、深圳市龙岗中心医院、深圳肖传国医院、中国医学科学院肿瘤医院深圳医院、中山大学附属第七医院（深圳）、香港大学深圳医院、深圳市第二人民医院、南方医科大学深圳医院、深圳市宝安区人民医院，以及江苏省核与辐射安全监督管理中心、广东省核工业地质局辐射环境监测中心、广东省广州生态环境监测中心站、南京市生态环境监测监控中心共 22 个单位的意见，总共征集到 34 条意见，其中无意见 14 条，采纳意见 13 条，部分采纳意见 2 条，不采纳意见 5 条。标准编制组根据征求意见，对征求意见稿进行修改形成送审稿。

2024 年 7 月，标准编制组广泛征求深圳市福田区人民政府、深圳市罗湖区人民政府、深圳市盐田区人民政府、深圳市南山区人民政府、深圳市宝安区人民政府、深圳市龙岗区人民政府、深圳市龙华区人民政府、深圳市坪山区人民政府、深圳市光明区人民政府、深圳市大鹏新区管理委员会、深圳市深汕特别合作区管理委员会、深圳市卫生健康委员会共 12 个单位的意见，均反馈无意见。

## 三、地方标准主要内容的依据以及与国内领先、国际先进标准的对标情况

### （一）编制原则

本文件贯彻落实《中华人民共和国放射性污染防治法》预防为主、严格管理、安全第一的方针，积极采取有效措施，坚持辐射防护最优化原则，通过减少辐射暴露、强化物联监控、废水分类收集贮存等技术要求，推动核医学废水衰变处理实现稳定达标排放，消除辐射安全隐患，充分保障公众健康和深圳市水资源安全。本文件遵循系统性、规范性、可操作性的编制原则。

#### 1. 系统性原则

本文件从核医学废水处理设施的选址、设计与建造，工艺设备，监测要求，运维管理等方面分别进行规范，对核医学废水处理的各阶段提出要求，推动核医学废水衰变处理实现稳定达标排放，消除辐射安全隐患，体现系统性。

#### 2. 规范性原则

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则进行编写，同时编写也符合《中华人民共和国标准化法》《地方标准管理办法》《广东省标准化条例》《深圳市地方标准管理办法》等文件要求，确保了编制的规范性。

#### 3. 可操作性原则

本文件在充分调研的基础上，对核医学废水的产生、收集、处理、排放全过程进行了规范，参照类似行业领域规范要求，结合深圳市核医学科特点进行制定，提高实际适用性，强调可操作性原则。

### （二）主要内容的依据

本文件的编制主要是依据国家、省市的相关法律法规，在参考了国家标准、辐射环境行业标准的基础上，结合深圳市实际情况，编制完成的。文件涉及的各项参数来源主要有三个方面，一是相关国家标准、行业标准以及相关的政策法规规定，二是根据国内相关核医学废水处理积累的经验，三是根据标准研制过程获得的技术成果。以下为各核心章节条文编制依据：

### ①选址、设计与建造

该章节主要依据 GB 18871—2002《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》、GB 14500—2002《放射性废物管理规定》、HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》、HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》、T/GXAS 349—2022《核医学科放射性废水衰变池设计技术规范》等文件编制而成。

### ②工艺设备

该章节主要依据 GB 50015—2003《建筑给水排水设计规范》、HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》、HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》、HJ/T 367—2007《环境保护产品技术要求 电磁管道流量计》、HG / T 5226—2017《浮球液位计》等文件编制而成。

### ③监测要求

该章节主要依据 GB 18871—2002《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》、HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》、HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》等文件编制而成。

### ④运维管理

该章节主要依据 GB 18871—2002《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》、HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》、HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》等文件编制而成。

## （三）与现行法律法规、标准的关系

本文件与相关标准协调一致，符合《深圳市地方标准管理办法》规定。本文件的编制完全遵守和按照我国宪法和现行有关法律法规的要求。本文件的内容不存在与有关现行法律法规和强制性标准相悖之处。

## （四）与国内领先、国际先进标准的对标情况说明

本文件对标 HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》、HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》、HJ/T 367—2007《环境保护产品技术要求 电磁管道流量计》、GB 50015—2003《建筑给水排水设计规范》，还有国外标准 AAPM 第 108 号报告、ICRP 第 67 号出版物、ICRP 第 94 号出版物，根据深圳实际情况

和需求，做了补充及技术指标提升，具体见表 1。

表 1 关键指标标准比对表

序号	主要指标	本标准要求	对标标准	对标标准要求	对标情况
1	放射性废水核素排放量	①核医学诊断和门诊碘-131 治疗患者服药量的 15%； ②碘-131 住院治疗患者服药量的 85%；	AAPM 美国医学物理学家协会第 108 号报告	医疗显像检查患者的放射性药物代谢量排放量为 15%~20%	与对标标准要求相当
			ICRP 国际辐射防护委员会第 67 号出版物	患者摄入人摄入碘-131 后,有 30% 沉积在甲状腺, 另有 70% 直接通过尿液排出	严于对标标准
			ICRP 国际辐射防护委员会第 94 号出版物	甲癌住院病人碘-131 累计排放 80%	严于对标标准
2	平均每天废水产生量	①核医学工作场所门诊及注射室、高活室等场所产生的废水量可按每人每天 15L 进行估算； ②留观或收治床位产生的放射性废水量可按每床每天 100L 进行估算；	GB 50015—2003《建筑给水排水设计规范》	门诊日用水量 10~15L/（人·d）； 留观或收治床位排水定额 100~200L/（床·d）	与对标标准要求相当
3	衰变池容积设计裕量	在测算的基础上计划设计裕量，设计裕量宜取测算值的 20%	HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》	衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要	与对标标准要求相当
			HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》	设计裕量宜取实测值或测算值的 10%~20%	与对标标准要求相当
4	不锈钢衰变池选材	不锈钢衰变池材质宜选用 304 不锈钢或耐腐蚀性优于 304 不锈钢的材质	HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》	衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施	根据对标标准，补充新增



序号	主要指标	本标准要求	对标标准	对标标准要求	对标情况
5	混凝土衰变池选材	混凝土衰变池宜选用强度等级不低于 C30、抗渗等级不低于 P8、电通量不超过 1500C 的混凝土	HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》	衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施	根据对标标准，补充新增
6	泵效率	泵效率应大于 80%	HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》	泵效率应大于 80%	与对标标准要求相同
7	电磁管道流量计最小检出流速	电磁管道流量计最小检出流速应小于或等于每秒 0.3 米	HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》	医院污水处理工程应在接触池出口处配置在线余氯测定仪和流量计	根据对标标准，补充新增
8	电磁管道流量计精度等级	精度等级宜选用 0.5 级（±0.5%R）	HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》	医院污水处理工程应在接触池出口处配置在线余氯测定仪和流量计	根据对标标准，补充新增
9	电磁管道流量计累积流量记录天数	累积流量记录不应少于 180 天	HJ/T 367—2007《环境保护产品技术要求 电磁管道流量计》	累积流量至少保持 30 天	严于对标标准
10	核医学废水处理场所的辐射环境监测频次	辐射水平每季度至少开展 1 次监测	HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》	开展核医学相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年	严于对标标准

## 四、主要条款的说明以及主要技术指标、参数、试验验证的论述

本文件主要由8个章节构成。以下对本文件的主要条款进行简要说明。

### （一）范围

本章节界定了文件的内容和适用对象，指明文件的适用范围。

本文件规定了医疗机构核医学废水处理设施的选址、设计与建造，以及工艺

设备、监测要求、运维管理等要求。

本文件适用于医疗机构开展放射性核素诊疗项目的废水处理，其他科研、工业生产等活动的放射性废水处理可参考执行。

## （二）规范性引用文件

本章节列出了标准编制过程中规范性引用的相关文件。包括GB 18871—2002、HJ 1188—2021。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

## （三）术语和定义

本章节给出了文件编制过程中涉及的术语和定义，包括核医学、放射性药物、核医学废水、衰变池、槽式衰变池。术语和定义的确定主要是根据文件的标准化对象，采用内涵定义的形式，使用陈述性条款给出。

本章节主要参考HJ 1188—2021进行编制。

## （四）总则

本章节给出了核医学废水处理过程中应遵循的基本原则。对分类收集处理、辐射防护最优化、核医学废水处理装置组成、核医学废水收集管道规划、核医学废水应急处理、周围环境辐射监测评估等原则及要求进行了规定。

4.1 规定了核医学废水应与其他生活污水、医疗废水分开收集、处理的基本要求。主要编写依据为HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》，特殊性质污水应单独收集，经预处理后与医院污水合并处理，不得将特殊性质污水随意排入下水道。

4.2 规定了核医学废水应根据应用放射性核素的半衰期长短，分类收集与处理。主要编写依据为HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》，含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。

4.3 规定了核医学废水处理装置选址、设计、建造过程中，应遵循辐射防护最优化原则。主要编写依据为GB 18871—2002《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》，对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化。

4.4 给出了核医学废水处理装置的基本构成。以往的废水取样工作通常需要检测人员攀爬上衰变池检修口，不利于辐射防护，也不能保证取样工作的安全。为方便监测采样、提高水质采样工作的安全性和保障检测人员健康，本文件提出核医学废水处理装置应包含监测取样口的要求。

4.5 给出核医学废水收集管道的规划要求。医疗机构应合理规划核医学废水收集管道，便于检修，并有合适的屏蔽。主要编写依据为HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》。

4.6 给出医疗机构对核医学废水的应急处理要求。主要编写依据为HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》，开展核医学活动的医疗机构应制定恰当的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备和响应工作安排，有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

4.7 给出医疗机构对核医学废水处理设施和周围环境定期监测和评估的要求。主要编写依据为HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》。

## （五）选址、设计与建造

本章节明确了核医学废水处理装置的选址、设计与建造规范。

5.1 规定了核医学废水处理装置的选址要求。

关于核医学废水处理装置的选址，依据HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》关于“核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离确定”的规定，并综合考虑核医学废水收集的便利性、减少废水传输的管道、辐射防护屏蔽的性价比及对周边人群影响，本文件提出，核医学废水处理装置选址应符合医院整体规划。核医学废水处理装置应尽可能地靠近核医学科，减少不必要的传输管道。核医学废水处理装置应避开人员密集区域，宜建设在核医学工作场所地下室的底层或周边临近排水管道的绿化区域或室外空地。

5.2 规定了核医学废水处理装置的设计要求，包括废水的总量控制、废水的分类收集细则、管线规划设计及性能要求、衰变池的性能和材料要求、废水量及废水的排放方式、装置控制和应急要求，并给出了核医学废水处理工艺流程图和适用于核医学废水处理装置所在场所的警告标志、禁止标志。

关于进行核医学废水总量控制，一方面是为了减少医疗机构的废水收集贮存压力，另一方面是为了延长核医学废水在衰变池中的暂存时间，提高废水处理效率。

标准编制组考虑到早期建设的医疗机构的衰变池体积较小，衰变池的构成与HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》要求未必一致，随着医院的发展，核医学科扩建后，原有的池体容量无法满足使用要求，扩建也存在一定的困难。另外新建放射性衰变存储装置容量越大，其建造所需的经济和土地资源成本越高。此外，结合HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》关于“应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量”的要求、HJ 2029—2013《医院污水处理工程技术规范》关于节约资源与成本的要求，本文件提出，住院治疗患者进行洗漱、沐浴所产生的废水不宜排入衰变池，可直接进入普通废水管道；住院治疗患者的衣物不宜在病房清洗；住院治疗患者专用卫生间坐便器宜采用光滑材质，宜采取润滑清洁剂、真空排水等节水措施。

关于核医学废水传输管道的设置，GB 18466—2005《医疗机构水污染物排放标准》、HJ 2029—2013《医院污水处理工程技术规范》中均对核医学废水提出单独收集处理的要求。医疗机构需设置单独的核医学废水传输管道，核医学废水应与一般生活污水、其他医疗废水分开收集。本文件要求核医学废水处理设施的平面布局应满足各处理单元的功能和处理流程的要求，构筑物及设施的间距应紧凑、合理，并满足施工、安装的要求，同时各类管线连接应简洁，避免相互干扰。此外，依据HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》关于“放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修”和GB 50015—2019《建筑给水排水设计标准》关于“建筑物内给水管道与排水管道间距”的规定，本文件提出，各类管线连接应简洁，避免相互干扰。核医学废水与自来水等管道平行埋设时距离不宜小于0.50 m，交叉埋设时距离不应小于0.15 m。下水管道宜短、直，阀门与管道连接处的设计应尽可能避免形成死区，防止核医学废水滞留。同时，为保证核医学废水处理装置的长期稳定运行，本文件还对核医学废水收集管道的耐酸碱、腐蚀、耐久性等做了原则性要求。

关于衰变池类型设置的要求，核医学衰变池按其排放方式及构成主要分为推流式（串联式）衰变池及槽式（间接式）衰变池，但传统的推流式（串联式）衰变池存在清理放射性污泥困难、抗冲击负荷能力差、水力停留时间不固定等问题，常常因核医学废水不能有效停留衰变而导致超标排放，不宜作为长半衰期核素的处理装置。因此，本文件提出“a）放射性核素治疗项目宜设置槽式衰变池；b）碘-131 甲癌治疗项目应设置槽式衰变池；c）放射性核素诊断项目宜设置槽式衰变池，可设置推流式衰变池”的设计方法。同时，为防止衰变池的淤泥固化，导致容积降低的问题，本文件提出衰变池废水宜采取底部抽取或直排的排放方式。

关于核医学废水产生量的估算，由于国内尚没有独立的核医学科室排水量统计数据，但从核医学科诊断的门诊医技功能属性来看，可参考GB 50015—2003《建筑给水排水设计规范》中门诊日用水量 $10\sim 15\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$ 这一设计值，同时，根据防止同位素污染扩散的原则，核医学科区域属限制用水区，宜取 $15\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$ 作为核医学废水产生的量。若设有留观或收治床位，可参考GB 50015—2003《建筑给水排水设计规范》中排水定额 $100\sim 200\text{L}/(\text{床}\cdot\text{d})$ ，根据防止同位素污染扩散的原则，核医学科区域属限制用水区，建议取低值，即按 $100\text{L}/(\text{床}\cdot\text{d})$ 计算病床排水量。同时，考虑核医学工作场所清洗、应急等可能产生的核医学废水量，本文件提出衰变池容积应考虑事故应急产生的废水量，在测算的基础上计划设计裕量，设计裕量宜取测算值的20%。

关于核医学废水活度的计算，根据HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全技术要求》，对于含其他放射性核素的核医学废水则要求所含核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放；所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期监测结果经审管部门认可后，按照GB 18871—2002第8.6.2规定的方式进行排放。其中，对于半衰期小于24小时的放射性废液超过30天后直接解控是基于减轻医疗机构对放射性废液监测压力的角度考虑，此要求的出发点是为增加核医学废水排放的可操作性，在一定程度上减轻医疗机构的负担，但同时也增加了放射性废液存储的时间及空间要求，因此，医疗机构普遍反映不宜强制性规定其停留时间。

此外，生态环境部《关于核医学标准相关条款的复函》（辐射函〔2023〕20号）中明确对槽式衰变池含碘-131放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

①根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第8.6.2条规定，经监管部门确认单次排入普通下水道的废水中碘-131活度不超过1ALI<sub>min</sub>（9E+5贝可），每月排放的废水中碘-131总活度不超过10ALI<sub>min</sub>（9E+6贝可）。

②暂存180天后，衰变池废水可以直接排放。

③暂存不满180天但监测结果表明碘-131活度浓度已降至不高于10贝可/升水平，也可直接排放。

有关核医学废水的排放限值与要求详见表 2。

表 2 核医学废水的排放限值与要求

衰变池类型	核素半衰期 $T_{1/2}$ 与核素种类	排放限值与要求	依据
槽流式衰变池	$T_{1/2} < 24\text{h}$	废水暂存时间超过 30 天后可直接解控排放	HJ 1188
	$T_{1/2} \geq 24\text{h}$ (不含碘-131)	废水暂存时间超过 10 倍最长半衰期，且监测结果经审管部门认可：放射性废水总排放口总 $\alpha \leq 1 \text{ Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10 \text{ Bq/L}$ ，可按要求排放	HJ 1188
	$T_{1/2} \geq 24\text{h}$ (含碘-131)	废水暂存时间超过 180 天后，可直接排放	《关于核医学标准相关条款咨询的复函》
		单次排入普通下水道的废水中碘-131 活度不超过 1 ALI <sub>min</sub> （9E+5 贝可），每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10 ALI <sub>min</sub> （9E+6 贝可），经监管部门确认后可按要求排放	GB 18871 及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》
		暂存不满 180 天，但监测结果表明碘-131 活度浓度已降至不高于 10 Bq/L 水平，也可直接排放	HJ 1188 及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》
推流式衰变池	$T_{1/2} \geq 24\text{h}$	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》表 A1 的放射性核素豁免活度浓度，经监管部门确认后可按要求排放	GB 18871

表 2 中的相关文件均对核医学废水排放的放射性活度或活度浓度提出限值要求。因此，为更好地满足法规、标准及管理要求，需预估核医学废水排入处理设施的初始总活度。根据国际辐射防护委员会（ICRP）第67号出版物提出的碘的生物动力学模型，患者摄入人摄入碘-131后，预计有30%沉积在甲状腺，另有70%直接通过尿液排出；根据美国医学物理学会第108号任务组：PET和PET/CT的屏蔽要求（AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements），医

疗显像检查患者的放射性药物代谢量排放量为总摄入量（服药量）的15%~20%，结合实际门诊病人的驻留时间较短，本文件取总摄入量的15%作为门诊患者产生的初始核医学废水活度；根据国际辐射防护委员会（ICRP）第94号出版物：非密封放射性核素治疗后患者的释放（Release of Patients after Therapy with Unsealed Radionuclides），接受碘-131治疗的甲癌住院病人的碘-131平均累计排放量为总摄入量的80%（分布范围在4%~90%）。故本文件给出：医疗机构可根据放射性药物用量施用要求，按核医学诊断和门诊碘-131 治疗患者服药量的15%、碘-131住院治疗的患者服药量的85%计算核医学废水初始排放的放射性核素活度。在此基础上测试核医学废水的初始放射性活度，可以更好地设计衰变池的类型、容积，使其满足法规标准的排放限值要求。

关于核医学废水收集装置容积的要求，核医学废水衰变处理设施容积应满足HJ 1188—2021要求的最短停留时间，确保核医学废水排放满足GB 18871—2002附录A表A1的要求。对于槽式衰变池，其总容积与单个收集装置的容积、收集装置的数量有关。故本文件不对具体的数量及容积作出规定，医疗机构应根据自身用地规划、放射性核素的种类、活度、废水产生量及初始排放活度等条件，测算适合自身核医学规模的核医学废水收集装置容积及数量。

关于核医学废水处理装置监控系统的设计，为保证衰变池的可靠性及核医学废水排放的准确性，准确知晓衰变池液位及排放的废水量，依据HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》“7.3.2 放射性废液贮存”中 7.3.2.1和7.3.2.2条款有要求衰变池具有可靠的防泄漏及防止废液溢出措施的规定，同时，参考HJ 353—2019《水污染源在线监测系统（COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N等）安装技术规范》“5.2 流量监测单元”中5.2.1至5.2.4条款对流量计安装渠（管）道、计量堰（槽）、检定及比对工作的要求，本文件提出，核医学废水处理装置应设置液位计、流量计及液位控制装置。

关于核医学废水处理装置的应急情况，通过现场调研，标准编制组了解到，深圳市某医院建设的核医学废水处理设施，投入使用4年后开始陆续发生多次高活度浓度核医学废水泄漏事件。核医学废水处理设施的破损、泄漏导致的放射性污染在现行相关标准内并未有具体要求，因此，非常有必要提高安全措施，做好风险防控。同时，根据GB 14500—2002《放射性废物管理规定》关于“放射性废

液贮存设施应至少有一个备用槽，备用槽的容量至少应与最大槽的容量相等”“废液贮存设施应设置多重安全屏障”的规定，本文件提出，核医学废水处理装置应设置应急池，可根据情况设置围堰，确保最大容量衰变池事故工况下废水可以得到收集。

5.3 规定了核医学废水处理装置的建造要求。

根据标准编制组的前期调研，我国核医学废水衰变贮存装置的建筑材料选型和施工质量检验因缺乏具体技术要求，各个医疗单位核医学废水处理设施建设质量参差不齐，存在较大安全隐患。废水处理设施未进行施工质量检验即投入使用或破损导致废水泄漏污染环境的事情常有发生。因此，在参照HJ 1188—2021《核医学辐射防护与安全要求》7.3.2.3规定“衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施”，以及《医疗机构污水处理工程技术标准》（征求意见稿）6.1.4，“衰变池、化粪池应有防渗、防腐和防辐射措施”的基础上，本文件提出“衰变池池体应坚固、耐腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施”的要求，同时对不锈钢及混凝土材质的衰变池分别提出“不锈钢衰变池材质宜选用304不锈钢或耐腐蚀性优于304不锈钢的材质。混凝土衰变池宜选用强度等级不低于C30、抗渗等级不低于P8、电通量不超过1500C的混凝土”的材料性能要求。

## （六）工艺设备

本章节主要对核医学废水衰变处理过程中涉及的工艺设备提出规范要求。

6.1 规定了核医学废水处理装置的关键构筑物和设备，主要包括污水泵、沉渣池（化粪池）、衰变池、液位计、流量计、监测取样口、排放口等。其中，污水泵为液体传输设备；沉淀池（化粪池）为过滤、降解沉淀固形物的装置，可以减轻后续衰变池的运行负荷；衰变池为对核医学废水进行衰变处理的主要构筑物，核医学废水在衰变池中暂存、自然衰变直至可以解控排放；液位计、流量计为关键监测设备，能及时反馈液位和流量信息；设置监测取样口是本文件新增的要求，有利于实施核医学废水采样工作和确保核医学废水处理质量达标；排放口为处理达标后释放废水的端口。

6.2和 6.3规定了核医学废水处理装置中污水泵的性能要求。本文件提出，



污水泵应选用节能型产品，泵效率应大于 80%。主要编写依据为HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》7.1.3。此外，标准编制组在调研过程中发现，深圳市各医院核医学废水处理装置的污水泵故障事件时有发生，甚至还出现因污水泵堵塞而引起废水倒灌的事件。因此，为减少安全隐患，提高核医学废水处理的稳定性，保证污水泵能够覆盖故障工况，以支持核医学废水处理装置的持续运行，本文件还提出，污水泵使用寿命应不小于一年，并设置备用泵。

6.4 规定了进水端污水泵的性能要求。由于进水端的固体悬浮物，可能发生淤积，引起管道堵塞或衰变池实际容积减少，不利于保障核医学废水处理的稳定。故本文件提出，衰变池进水端的污水泵宜选用具有破碎功能的铰刀式污水泵。通过“沉渣池（化粪池）沉淀+铰刀式污水泵破碎+衰变池底部排水”的方式，进一步减少衰变池中固形物淤积的可能。

6.5 规定了液位计的性能要求。在核医学废水的衰变处理过程中，液位计能够及时反馈液位信息，感知衰变池是否发生渗漏、是否超出最高警戒液位。同时，液位计接入核医学废水处理控制系统，通过联锁控制，有利于提高安全性，避免向衰变池中注入超出警戒液位的废水。因此，本文件提出，液位计可采用浮球式、超声波式或电容式液位信号开关，液位计应与衰变池进水端的污水泵进行液位联锁控制。

6.6 规定了流量计的性能要求。根据工程实践的调研资料，电磁管道流量计更适用于污水的流量监测，对小口径的核医学废水排放管道，电磁管道流量计的性价比高，故本文件提出，流量计宜选用电磁管道流量计。同时，依据HJ/T 367—2007《环境保护产品技术要求 电磁管道流量计》对电磁管道流量计的基本功能要求，本文件结合核医学废水排放的监测需求，提出：电磁管道流量计最小检测流速不应大于 0.3 m/s，精度等级宜选用 0.5 级（ $\pm 0.5\% R$ ），具备显示累积流量、瞬时流量和流向功能，累积流量记录不应少于180 天。

## （七）监测要求

本章节主要明确了核医学废水处理装置在日常运行中的监测要求。

7.1 规定了核医学废水处理装置液位、流量的监测要求。核医学废水处理装置应安装液位、流量在线监测仪表，自动监测衰变池液位和排放量。主要编写依

据为HJ 2029—2013《医院污水处理技术规范》。

7.2 规定了核医学废水处理装置所在空间辐射水平的监测要求。标准编制组最初设想在衰变池内部安装放射性核素的在线监测装置，以实时感知核医学废水水体中的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 放射性射线强度，了解核医学废水的衰变处理进程。然而，通过实验调研分析，发现此类在线监测装置的测量精度较低，且造价昂贵，在现阶段并不适合推广使用。而固定式 $\gamma$ 剂量率监测仪或 $\beta/\gamma$ 计数器的技术成熟，应用广泛，且可以联网实现实时监测，工作人员可通过场所空间的辐射剂量率数据，间接了解衰变池内放射性核素的衰变程度。故本文件提出，核医学废水处理装置所在场所应配备固定式 $\gamma$ 剂量率监测仪或 $\beta/\gamma$ 计数器，安装位置应尽量靠近衰变池，距离宜为30 cm。其中，辐射监测仪器的安装距离主要依据HJ 61—2021《辐射环境监测技术规范》关于“运行期间的辐射环境监测”要求及GBZ 130—2020《放射诊断放射防护要求》关于“关注点检测的位置”要求提出。

7.3 和7.4 规定了核医学废水处理装置各控制仪表的联锁、联动要求。一是液位计应与衰变池进水端的污水泵（污水提升泵）进行液位联锁控制；二是流量计应与出水口电动阀联动。通过联锁、联动，增强核医学废水处理的预警能力和信息记录的准确度。

7.5 规定了场所辐射水平的监测频次要求。本文件提出，对核医学废水处理场所的辐射水平每季度至少开展1次监测。主要依据为HJ 61—2021《辐射环境监测技术规范》关于“应用非密封放射性物质环境监测方案”的要求，其中，“ $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率”监测频次的要求为1至4次每年。考虑到各医疗机构核医学科均配备有“ $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率”监测仪器，各医疗机构可方便地开展自行监测，为加强对核医学废水处理设施的监测与管理，本文件取监测频次为4次每年，即每季度至少开展1次监测。

7.6 规定了核医学废水的排放监测要求。为确保核医学废水处理达标，本文件提出，应按HJ 1188、GB 18871的要求对核医学废水排放开展监测。只有废水暂存时间或活度浓度满足排放要求后，才可执行排放。

## （八）运维管理

本章节主要明确了核医学废水处理装置的运维管理要求。

8.1 规定了医疗机构核医学废水处理应由专人负责。为便于统筹管理，必要时与生态环境监管部门对接，本文件提出，医疗机构应安排专人负责核医学废水的处理，并建立核医学废水处理台账。

8.2 规定了医疗机构核医学废水处理台账的要求。为便于监管溯源，规范核医学废水处理与排放过程的信息记录，本文件提出，核医学废水处理台账应详细记录废水所含核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息，并对自行监测数据、解控与排放记录的真实性负责，且台账保存时间不少于2年。本文件在附录C中给出了核医学废水处理台账填写示例。

8.3 规定了医疗机构对核医学废水装置的安全巡查要求。为保障核医学废水处理装置的稳定运行，及时发现和排查安全隐患，本文件提出，医疗机构应每周对核医学废水处理装置进行至少一次安全巡查。本文件在附录D中给出了核医学废水处理设施安全隐患巡查表。

8.4 规定了医疗机构对衰变池的清洗要求。为确保衰变池内部容积的有效性，保护池体不被淤积、腐蚀，本文件提出，医疗机构应根据需要对衰变池进行清洗，避免内壁、池底和管阀的污泥硬化淤积。

8.5 规定了有限作业空间的相关要求。由于深圳市目前在运行的核医学衰变池多为地理式，是典型的地下有限空间结构，进入有限空间作业时须警惕潜在风险，做好防范措施，遵循有限空间的相关管理规定。故本文件提出，衰变池有限空间按照相关法律法规和标准进行管理。

## 五、是否涉及专利等知识产权问题

无

## 六、重大意见分歧的处理依据和结果

无

## 七、实施地方标准的措施建议

为确保本文件的顺利实施，提出以下建议：

（1）标准宣贯。举办宣贯培训会至少1次，相关单位参与宣贯培训会，并由

标准编制组对《核医学废水处理技术规范》实施的重要性和必要性、技术规定等内容进行培训，为本文件的实施提供良好的实施基础。

（2）实施监督。由生态环境部门对《核医学废水处理技术规范》实施过程中涉及的废水贮存装置的选址、设计与建造、主要工艺设备和材料、监测、运维管理等重点内容进行定期监督和检查，为本文件的实施提供良好的制度保障。

（3）效果评估。由生态环境部门结合《核医学废水处理技术规范》对深圳市核医学废水处理进行定期评估，针对评估效果进行下一步工作的改进和完善，切实提升核医学废水管理水平。

## 八、其他需要说明的事项

无