

报告编号：WKFHP-26102

核技术利用建设项目

嘉兴核顺医疗科技有限公司

放射性核素暂存库建设项目

生态环境影响报告表

(报批稿)

嘉兴核顺医疗科技有限公司

2026 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

嘉兴核顺医疗科技有限公司

放射性核素暂存库建设项目

生态环境影响报告表

建设单位名称：嘉兴核顺医疗科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：张瑜琦

通讯地址：浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金禾路 1 号 1 幢 3 楼 332-B

邮政编码：314300

联系人：张瑜琦

电子邮箱：/

联系电话：137\*\*\*\*3989

## 目 录

|      |                      |    |
|------|----------------------|----|
| 表 1  | 项目基本情况 .....         | 1  |
| 表 2  | 放射源 .....            | 10 |
| 表 3  | 非密封放射性物质 .....       | 10 |
| 表 4  | 射线装置 .....           | 15 |
| 表 5  | 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... | 16 |
| 表 6  | 评价依据 .....           | 17 |
| 表 7  | 保护目标与评价标准 .....      | 20 |
| 表 8  | 生态环境质量和辐射现状 .....    | 26 |
| 表 9  | 项目工程分析与源项 .....      | 30 |
| 表 10 | 辐射安全与防护 .....        | 42 |
| 表 11 | 生态环境影响分析.....        | 53 |
| 表 12 | 辐射安全管理 .....         | 67 |
| 表 13 | 结论与建议 .....          | 74 |
| 表 14 | 审批 .....             | 78 |

表 1 项目基本情况

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |                                                                                                                            |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------|-----------------------|-----|
| 建设项目名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 | 嘉兴核顺医疗科技有限公司放射性核素暂存库建设项目                                                                                                   |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
| 建设单位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 | 嘉兴核顺医疗科技有限公司                                                                                                               |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
| 法人代表                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |                                                                                                                            | 联系人                                                                                                                                                      |      | 联系电话                     | 137****3989           |     |
| 注册地址                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 | 浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金禾路 1 号 1 幢 3 楼 332-B                                                                                         |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
| 项目建设地点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 | 浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路388号同创一期厂房一层                                                                                              |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
| 立项审批部门                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 | 海盐县发展和改革局                                                                                                                  |                                                                                                                                                          | 批准文号 | 2609-330424-04-01-472805 |                       |     |
| 建设项目总投资（万元）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 | 40                                                                                                                         | 项目环保投资（万元）                                                                                                                                               |      | 8                        | 投资比例（环保投资/总投资）        | 20% |
| 项目性质                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 |                                                                                                                                                          |      |                          | 占地面积（m <sup>2</sup> ） | 65  |
| 应用类型                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 放射源             | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V 类       |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V 类 |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 非密封放射性物质        | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物                                                                                                                   |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 | <input checked="" type="checkbox"/> 销售                                                                                     | /                                                                                                                                                        |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 | <input checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙                                                                                         |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 射线装置            | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                              |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                              |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                              |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 其他              | /                                                                                                                          |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1.1 项目概述</b> |                                                                                                                            |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
| <b>1.1.1 建设单位简介</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                                                                                                                            |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
| 嘉兴核顺医疗科技有限公司成立于 2026 年 07 月 17 日，注册地址为浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金禾路 1 号 1 幢 3 楼 332-B，主营业务为放射性核素销售。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |                                                                                                                            |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
| <b>1.1.2 项目建设目的和任务由来</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |                                                                                                                            |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |
| 随着国民经济及国内核医学事业的持续发展，我国对放射性核素试剂的需求越来越大。公司根据自身发展需要，同时为了保障浙江省放射性核素的稳定供应，更好地满足当地医疗机构、患者诊疗和科研机构科研需求，拟代理销售 <sup>18</sup> F、 <sup>32</sup> P、 <sup>33</sup> P、 <sup>64</sup> Cu、 <sup>67</sup> Cu、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>68</sup> Ga、 <sup>68</sup> Ge、 <sup>82</sup> Rb、 <sup>89</sup> Zr、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>90</sup> Y、钇[ <sup>90</sup> Y]微球注射液、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>111</sup> In、 <sup>123</sup> I、 <sup>125</sup> I（液态）、 <sup>125</sup> I（粒籽源）、 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> Xe、 <sup>153</sup> Sm、 <sup>161</sup> Tb、 <sup>177</sup> Lu、 <sup>186</sup> Re、 <sup>188</sup> Re、 <sup>201</sup> Tl、 <sup>203</sup> Pb、 <sup>211</sup> At、 <sup>212</sup> Pb、 <sup>223</sup> Ra、 <sup>225</sup> Ac（液态）、 <sup>225</sup> Ac（固态）、 <sup>227</sup> Th 共 34 种核素和 <sup>99</sup> Mo( <sup>99m</sup> Tc)发生器、 <sup>68</sup> Ge（ <sup>68</sup> Ga）发生器、 <sup>82</sup> Sr |                 |                                                                                                                            |                                                                                                                                                          |      |                          |                       |     |

( $^{82}\text{Rb}$ ) 发生器。为保障放射性核素质量安全、辐射安全提供必要条件，根据《浙江省放射性药品经营质量管理实施细则（暂行）》中“库房使用面积不得少于 40 平方米且应符合放射性物品安全、环保相关防护要求”的要求，建设单位需建设不少于 40m<sup>2</sup> 的库房。

因此，建设单位拟租赁海盐秦山核电产业共享开发有限公司位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号同创一期厂房一层部分区域，建设放射性核素暂存库，用于贮存建设单位销售的放射性核素货包，每天最多储存 12 个放射性核素货包，放射性核素暂存库仅用于货包的暂存，不进行放射性核素拆包、分装等操作。租赁协议及产权证具体见附件 4。

放射性核素销售原则上由供核素厂家直接发往使用方，本项目放射性核素暂存库主要是针对建设单位销售放射性核素过程中，考虑极端天气或核素运输道路封闭等特殊情况，放射性核素货包不能及时运输至使用方，则运输至建设单位放射性核素暂存库进行暂存，根据不同使用方的运送到达时间、地点要求调整发货时间以及运输车辆的情况，在约定时间再发货运送至使用方。放射性核素货包的运输由建设单位委托浙江省科学器材进出口有限责任公司负责（具备有效的放射性物品道路运输经营许可证）。本次评价不包括运输相关内容。放射性核素货包来源于放射性核素生产商，本次暂存库暂存放射性核素货包项目仅涉及放射性核素货包的暂存，不对放射性核素及其产生放射性废物进行回收。

建设单位通过放射性核素暂存库对放射性核素货包的出库和运输车辆进行安排，调整优化放射性核素货包在浙江省内的运输路线，尽可能减少放射性核素货包在路上的逗留时间，以此进一步增加销售过程的灵活性及加强放射性核素的辐射安全管理，进一步提高放射性核素销售的安全性。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 中的划分标准并经计算，本次放射性核素暂存库日等效最大操作量为  $2.99 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于“ $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ ”的范围，为乙级非密封放射性物质工作场所。

根据《中华人民共和国生态环境法典》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关规定，本项目需要进行生态环境影响评价，按照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——乙级非密封放射性物质工作场所，应编制生态环境影响报告表；销售非密封放射性物质的，应填报生态环境影响登记表”，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》规定“建设内容涉及本名录中两个及以上项目类别的建设项目，其生态环境影响评价类别按照其中单项等级最高的确定。”因此本项目环境影响评价文件形式应为生态环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，嘉兴核顺医疗科技有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行生态环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目生态环境影响报告表。

### 1.1.3 项目建设内容与规模

#### （1）放射性核素暂存库建设内容及规模

嘉兴核顺医疗科技有限公司拟租赁浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号同创一期厂房一层建设放射性核素暂存库，放射性核素暂存库共设有 1 处放射性核素暂存间、1 处放射性废物暂存间、1 处缓冲间、1 处前室和 1 处登记室，用于贮存和销售放射性核素的货包，不进行拆包、分装工作，每天最多储存 12 个放射性核素货包。

#### （2）本项目新增销售、暂存放射性核素情况

建设单位拟代理销售  $^{18}\text{F}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{33}\text{P}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ （液态）、 $^{125}\text{I}$ （粒籽源）、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{186}\text{Re}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{201}\text{Tl}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ （液态）、 $^{225}\text{Ac}$ （固态）、 $^{227}\text{Th}$  共 34 种放射性核素和  $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）发生器、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ga}$ ）发生器、 $^{82}\text{Sr}$ （ $^{82}\text{Rb}$ ）发生器。本项目放射性核素除  $^{125}\text{I}$  粒籽源和  $^{225}\text{Ac}$ （固体）外均以液态的形式存于西林瓶/安瓿瓶内， $^{125}\text{I}$  粒籽和  $^{225}\text{Ac}$ （固体）以固态的形式存于塑料容器内，并置于货包（货包屏蔽材料为铅、铅+有机玻璃、铅+聚乙烯等）内，货包外包裹防震材料后采用纸箱或不锈钢桶封装。 $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）发生器、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ga}$ ）发生器、 $^{82}\text{Sr}$ （ $^{82}\text{Rb}$ ）发生器由内置色谱柱的铅屏蔽内罐、防震缓冲衬垫及带铅封的金属运输外桶组成。

根据建设单位市场调研，在考虑浙江省内放射性核素需求及单个货包的核素活度范围，半衰期小于 48h 的放射性核素仅代理销售，从厂家直接发往客户，不暂存。本项目核素暂存、销售情况详见表 1-1。

表 1-1 本项目销售、暂存核素情况一览表

| 序号 | 核素名称             | 货包尺寸           | 货包等级  | 单个货包的核素最大活度（Bq）   | 每天最大销售货包数量（个） | 日最大销售量（Bq）        | 年最大销售量（Bq）        |
|----|------------------|----------------|-------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 1  | $^{32}\text{P}$  | 直径 20cm，高 30cm | Ⅱ级（黄） | $3.70\text{E}+09$ | 5             | $1.85\text{E}+10$ | $4.63\text{E}+12$ |
| 2  | $^{33}\text{P}$  | 直径 20cm，高 30cm | Ⅱ级（黄） | $3.70\text{E}+09$ | 10            | $3.70\text{E}+10$ | $9.25\text{E}+12$ |
| 3  | $^{67}\text{Cu}$ | 直径 20cm，高      | Ⅱ级（黄） | $1.85\text{E}+09$ | 3             | $5.55\text{E}+09$ | $1.39\text{E}+12$ |

|    |                                               |                 |         |          |    |          |          |
|----|-----------------------------------------------|-----------------|---------|----------|----|----------|----------|
|    |                                               | 30cm            |         |          |    |          |          |
| 4  | $^{67}\text{Ga}$                              | 直径 5cm, 高 8cm   | II级 (黄) | 1.48E+10 | 5  | 7.40E+10 | 1.85E+13 |
| 5  | $^{68}\text{Ge}$                              | 直径 5cm, 高 8cm   | II级 (黄) | 2.96E+10 | 5  | 1.48E+11 | 3.70E+13 |
| 6  | $^{89}\text{Zr}$                              | 直径 5cm, 高 8cm   | II级 (黄) | 1.85E+10 | 5  | 9.25E+10 | 2.31E+13 |
| 7  | $^{89}\text{Sr}$                              | 直径 11cm, 高 15cm | II级 (黄) | 2.78E+10 | 5  | 1.39E+11 | 3.47E+13 |
| 8  | $^{90}\text{Sr}$                              | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+10 | 5  | 1.85E+10 | 4.63E+12 |
| 9  | $^{90}\text{Y}$                               | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+10 | 10 | 3.70E+11 | 9.25E+13 |
| 10 | 钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液                     | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+10 | 10 | 3.70E+11 | 9.25E+13 |
| 11 | $^{99}\text{Mo}$                              | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+10 | 5  | 1.85E+11 | 4.63E+13 |
| 12 | $^{111}\text{In}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+09 | 5  | 1.85E+10 | 4.63E+12 |
| 13 | $^{125}\text{I}$ (液态)                         | 直径 11cm, 高 15cm | II级 (黄) | 7.40E+10 | 5  | 3.70E+11 | 9.25E+13 |
| 14 | $^{125}\text{I}$ (粒籽源)                        | 直径 5cm, 高 8cm   | II级 (黄) | 7.40E+10 | 5  | 3.70E+11 | 9.25E+13 |
| 15 | $^{131}\text{I}$                              | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 7.40E+10 | 5  | 3.70E+11 | 9.25E+13 |
| 16 | $^{133}\text{Xe}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+08 | 10 | 3.70E+09 | 9.25E+11 |
| 17 | $^{161}\text{Tb}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 1.48E+10 | 5  | 7.40E+10 | 1.85E+13 |
| 18 | $^{177}\text{Lu}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 2.96E+10 | 5  | 1.48E+11 | 3.70E+13 |
| 19 | $^{186}\text{Re}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+09 | 4  | 1.48E+10 | 3.70E+12 |
| 20 | $^{201}\text{Tl}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+09 | 4  | 1.48E+10 | 3.70E+12 |
| 21 | $^{203}\text{Pb}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+09 | 4  | 1.48E+10 | 3.70E+12 |
| 22 | $^{223}\text{Ra}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 1.85E+09 | 1  | 1.85E+09 | 4.63E+11 |
| 23 | $^{225}\text{Ac}$ (液态)                        | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 2.59E+07 | 10 | 2.59E+08 | 6.48E+10 |
| 24 | $^{225}\text{Ac}$ (固态)                        | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 2.59E+07 | 10 | 2.59E+08 | 6.48E+10 |
| 25 | $^{227}\text{Th}$                             | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 7.40E+08 | 1  | 7.40E+08 | 1.85E+11 |
| 26 | $^{99}\text{Mo}$ ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 1.48E+10 | 1  | 1.48E+10 | 3.70E+12 |
| 27 | $^{68}\text{Ge}$ ( $^{68}\text{Ga}$ )         | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+09 | 10 | 3.70E+10 | 9.25E+12 |
| 28 | $^{82}\text{Sr}$ ( $^{82}\text{Rb}$ )         | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 7.40E+08 | 5  | 3.70E+09 | 9.25E+11 |

|                      |                          |                 |         |          |    |          |          |
|----------------------|--------------------------|-----------------|---------|----------|----|----------|----------|
| 29                   | $^{18}\text{F}$          | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 9.25E+10 | 10 | 9.25E+11 | 2.31E+14 |
| 30                   | $^{64}\text{Cu}$         | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 1.48E+08 | 10 | 1.48E+09 | 3.70E+11 |
| 31                   | $^{68}\text{Ga}$         | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+09 | 10 | 3.70E+10 | 9.25E+12 |
| 32                   | $^{99\text{m}}\text{Tc}$ | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 1.48E+10 | 10 | 1.48E+11 | 3.70E+13 |
| 33                   | $^{123}\text{I}$         | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 1.85E+09 | 10 | 1.85E+10 | 4.63E+12 |
| 34                   | $^{153}\text{Sm}$        | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 3.70E+09 | 10 | 3.70E+10 | 9.25E+12 |
| 35                   | $^{188}\text{Re}$        | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 1.48E+09 | 10 | 1.48E+10 | 3.70E+12 |
| 36                   | $^{211}\text{At}$        | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 1.85E+09 | 10 | 1.85E+10 | 4.63E+12 |
| 37                   | $^{212}\text{Pb}$        | 直径 20cm, 高 30cm | II级 (黄) | 7.40E+08 | 10 | 7.40E+09 | 1.85E+12 |
| 注：货包等级保守均按照II级（黄）考虑。 |                          |                 |         |          |    |          |          |

## 1.2 相关规划符合性分析

### 1.2.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号。根据租赁方提供的不动产权证（见附件 4），本项目用地性质为工业用地。因此，本项目建设符合城乡规划和当地土地利用规划的要求。

### 1.2.2 与《海盐县核电关联及核技术应用产业发展“十四五”规划》符合性分析

根据《海盐县核电关联及核技术应用产业发展“十四五”规划》，核电关联及核技术应用产业是指与核电的设备制造、技术研发、工程设计、建设安装、运行维护、延寿退役、教育培训、科普旅游及核能综合开发、核技术（同位素）等领域相关的产业，是海盐县重点培育建设的六大产业链之一。

重点任务之一为“大力发展核技术应用（同位素）产业。”具体要求为：“规划依托秦山核电独特的核技术应用资源和优势，建设核技术应用（同位素）产业园，加快布局基础核素研究、同位素原料生产、核药研发制造、核特色诊断治疗、休闲康养的全产业链，打造国内重要的国家核能特色产业示范区。”其中：“核技术创新平台。瞄准同位素与辐射技术应用产业发展方向，加强与中国核学会、同位素与辐射行业协会等专业化平台的合作，举办行业高端论坛或峰会，打造核技术行业信息交流平台，提高海盐核电及核技术应用产业的知名度和影响力。积极深化与中国宝原、中国同辐等核技术专业企业的对接，建立核技术应用产业协同联动机制，积极承接央企同位素生产、核药研发、生产、核医学装备、核医学诊疗等产业资源。积极推进

中国科学院、中国原子能科学研究院、清华大学、浙江大学等科研院所（大学）的合作，充分发挥院所（大学）雄厚的技术实力和资源优势，全方位开展产学研合作，建设同位素研发中心，打造国内重要的核技术应用研发平台。”

**符合性分析：**本项目为放射性核素暂存库项目，是规划大力发展产业。因此，本项目建设符合《海盐县核电关联及核技术应用产业发展“十四五”规划》的要求。

### 1.2.3 “三区三线”符合性分析

根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2080号）要求，“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海报批的依据。其中“三区”具体指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田、生态保护红线三条控制线。

本项目位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路388号，根据海盐县三区三线图（附图12），本项目属于城镇集中建设区内，用地及评价范围均不涉及永久基本农田、生态保护红线。因此，本项目建设符合浙江省“三区三线”要求。

### 1.2.4 与《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

生态环境分区管控是以改善生态环境质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。

#### （1）生态保护红线

根据《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》（盐政办发〔2024〕22号），本项目位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道产业集聚重点管控单元（环境管控单位编码：ZH33042420002）。与海盐县三区三线图（附图12）对比，本项目所在区域不涉及生态保护红线。

#### （2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场所周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围， $\beta$ 表面污染水平背景监测值未见异常。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

#### （3）资源利用上线

本项目营运过程中会消耗一定量的电源和水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施

用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。

(4) 生态环境准入清单

根据《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》（盐政办发〔2024〕22 号），本项目位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道产业集聚重点管控单元（环境管控单位编码：ZH33042420002），具体见附图 13。该管控单元生态环境准入清单见表 1-2。

表 1-2 本项目与嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

| 生态环境管控要求 |                                                                                                                                                                                                                                                           | 本项目情况                                                      | 符合性分析 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------|
| 空间布局约束   | 1.根据产业集聚区块的功能定位，实施分区差别化的产业准入条件。2.优化产业布局和结构，合理规划布局三类工业项目，控制三类工业项目布局范围和总体规模，鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和提升改造。3.提高电力、化工、印染、造纸、化纤等重点行业环保准入门槛，控制新增污染物排放量。<br>4.新建涉VOCs排放的工业企业全部进入工业功能区，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求。5.合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带。         | 本项目属于核技术利用项目，不属于三类工业项目；本项目位于工业功能区。                         | 符合    |
| 污染物排放管控  | 1.严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。2.新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平，推动企业绿色低碳技术改造。3.新建、改建、扩建高耗能、高排放项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，强化“两高”行业排污许可证管理，推进减污降碳协同控制。4.加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，深化工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。5.加强土壤和地下水污染防治与修复。6.重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。 | 本项目为核技术利用项目，不涉及污染物总量排放，运营期间各污染物经防治措施处理后均可达标排放，符合污染物排放管控要求。 | 符合    |
| 环境风险防控   | 1.定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境与健康风险。2.强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制；加强风险防控体系建设。                                                                                                                                               | 项目正式运行前建设单位按要求建立辐射事故应急预案，建立常态化隐患排查机制，符合环境风险防控要求。           | 符合    |
| 资源开发效率要求 | 推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。                                                                                                                                                                                        | 本项目水资源能够有效利用，不涉及煤炭资源消耗。                                    | 符合    |

因此，本项目符合生态环境准入清单要求。综上，本项目的建设符合《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.3 项目选址及周边生态环境保护目标

1.3.1 项目地理位置

本项目位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号同创一期厂房，地理位置见附图

1. 同创一期厂房东侧为浙江景融核科技有限公司；南侧为海盐加美五金科技有限公司；西侧隔金州路为嘉兴星晨汽车零部件有限公司、海盐县星辰标准件有限公司和嘉兴凯鑫五金科技股份有限公司；北侧为隔金城三路（在建）为秦山同创产业园标准厂房二期。公司周围环境关系见附图 2，厂房周围实景图见附图 6。

### 1.3.2 项目周边环境概况

本项目拟建放射性核素暂存库位于同创一期厂房一层，同创一期厂房为地上四层结构，下方为土层，无地下室。放射性核素暂存库由放射性核素暂存间、放射性废物暂存间、缓冲间、登记室和前室组成。放射性核素暂存库东侧紧邻门厅，8m~50m 范围内为 10#楼梯、厂区内道路和浙江景融核科技有限公司；南侧紧邻厂区内道路，15m~50m 范围内为海盐加美五金科技有限公司；西侧紧邻海盐核医通医药科技有限公司拟建址，20m~50m 范围内为探原检测（嘉兴）有限责任公司拟建址、门厅和 9#楼梯；北侧紧邻闲置厂房，17m~50m 范围内为离原科技拟建址和嘉兴秦拓医药科技有限公司拟建址。放射性核素暂存库顶棚隔 4m 开放性空间为二层闲置厂房，隔 9m 为三层闲置厂房，隔 14m 为四层闲置厂房。本项目放射性核素暂存库布置见附图 4 和附图 5。

本项目辐射工作场所评价范围内存在其他项目的辐射工作场所，各个辐射工作场所屏蔽防护设计相互独立，设置有独立的放射性废气、放射性废水和放射性固废处理措施。

### 1.3.3 生态环境保护目标

本项目生态环境保护目标为评价范围 50m 内从事本项目的辐射工作人员及公众成员。

### 1.3.4 选址合理性分析

本项目用地性质属于工业用地，放射性核素暂存库周围 50m 范围内主要为同创一期厂房内其他租赁企业、厂区内道路、浙江景融核科技有限公司和海盐加美五金科技有限公司，不涉及学校、居民区、医院等环境敏感区，也不涉及生态保护红线。经辐射生态环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

## 1.4 产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目的的应用不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

## 1.5 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足浙江省及周边地区放射性核素的市场需求。核技术应用项目

的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。建设单位对放射性核素的贮存将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对放射性核素的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确贮存和管理放射性核素的情况下，可以将该项目辐射产生的影响可得到有效的控制。本项目产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

## **1.6 原有核技术利用项目许可情况**

建设单位此前未开展过核技术利用项目，无原有核技术利用项目许可情况。

表 2 放射源

| 序号 | 核素名称 | 总活度 (Bq) /<br>活度 (Bq) ×枚数 | 类别 | 活动种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|----|------|---------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| /  | /    | /                         | /  | /    | /  | /    | /       | /  |

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

| 序号 | 核素名称             | 理化性质                  | 活动<br>种类      | 实际日最大操<br>作量 (Bq) | 日等效最大操作<br>量 (Bq) | 年最大用量<br>(Bq) | 用途      | 操作方式 | 使用<br>场所 | 贮存方式<br>与地点                                                                  |
|----|------------------|-----------------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|---------|------|----------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <sup>32</sup> P  | 液态/中毒/半衰<br>期 14.26d  | 使用（贮<br>存）、销售 | 1.85E+10          | 1.85E+07          | 4.63E+12      | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | /        | 浙江省嘉<br>兴市海盐<br>县秦山街<br>道金源东<br>路 388 号<br>同创一期<br>厂房一层<br>放射性核<br>素暂存库<br>内 |
| 2  | <sup>33</sup> P  | 液态/中毒/半衰<br>期 25.3d   | 使用（贮<br>存）、销售 | 3.70E+10          | 3.70E+07          | 9.25E+12      | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | /        |                                                                              |
| 3  | <sup>67</sup> Cu | 液态/低毒/半衰<br>期 61.7h   | 使用（贮<br>存）、销售 | 5.55E+09          | 5.55E+05          | 1.39E+12      | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | /        |                                                                              |
| 4  | <sup>67</sup> Ga | 液态/中毒/半衰<br>期 78h     | 使用（贮<br>存）、销售 | 7.40E+10          | 7.40E+07          | 1.85E+13      | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | /        |                                                                              |
| 5  | <sup>68</sup> Ge | 液态/中毒/半衰<br>期 270.95d | 使用（贮<br>存）、销售 | 1.48E+11          | 1.48E+08          | 3.70E+13      | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | /        |                                                                              |

|    |                           |                  |           |          |          |          |         |      |   |  |
|----|---------------------------|------------------|-----------|----------|----------|----------|---------|------|---|--|
| 6  | $^{89}\text{Zr}$          | 液态/中毒/半衰期 78.14h | 使用（贮存）、销售 | 9.25E+10 | 9.25E+07 | 2.31E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 7  | $^{89}\text{Sr}$          | 液态/低毒/半衰期 50.55d | 使用（贮存）、销售 | 1.39E+11 | 1.39E+08 | 3.47E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 8  | $^{90}\text{Sr}$          | 液态/高毒/半衰期 28.1a  | 使用（贮存）、销售 | 3.70E+09 | 1.85E+08 | 4.63E+12 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 9  | $^{90}\text{Y}$           | 液态/低毒/半衰期 64.0h  | 使用（贮存）、销售 | 3.70E+10 | 3.70E+08 | 9.25E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 10 | 钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液 | 悬浮液/低毒/半衰期 64.0h | 使用（贮存）、销售 | 3.70E+10 | 3.70E+08 | 9.25E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 11 | $^{99}\text{Mo}$          | 液态/中毒/半衰期 66.02h | 使用（贮存）、销售 | 1.85E+11 | 1.85E+08 | 4.63E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 12 | $^{111}\text{In}$         | 液态/中毒/半衰期 2.8d   | 使用（贮存）、销售 | 1.85E+10 | 1.85E+07 | 4.63E+12 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 13 | $^{125}\text{I}$ （液态）     | 液态/中毒/半衰期 59.4d  | 使用（贮存）、销售 | 3.70E+11 | 3.70E+08 | 9.25E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 14 | $^{125}\text{I}$ （粒籽源）    | 固体/中毒/半衰期 59.7d  | 使用（贮存）、销售 | 3.70E+11 | 3.70E+07 | 9.25E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 15 | $^{131}\text{I}$          | 液态/中毒/半衰期 8.04d  | 使用（贮存）、销售 | 3.70E+11 | 3.70E+08 | 9.25E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 16 | $^{133}\text{Xe}$         | 液态/低毒/半衰         | 使用（贮存）、销售 | 3.70E+09 | 3.70E+05 | 9.25E+11 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |

|    |                                      |                      |               |          |          |          |         |      |   |  |
|----|--------------------------------------|----------------------|---------------|----------|----------|----------|---------|------|---|--|
|    |                                      | 期 5.29d              | 存)、销售         |          |          |          |         |      |   |  |
| 17 | <sup>161</sup> Tb                    | 液态/中毒/半衰<br>期 6.91d  | 使用(贮<br>存)、销售 | 7.40E+10 | 7.40E+07 | 1.85E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 18 | <sup>177</sup> Lu                    | 液态/中毒/半衰<br>期 6.71d  | 使用(贮<br>存)、销售 | 1.48E+11 | 1.48E+08 | 3.70E+13 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 19 | <sup>186</sup> Re                    | 液态/中毒/半衰<br>期 90.64h | 使用(贮<br>存)、销售 | 1.48E+10 | 1.48E+06 | 3.70E+12 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 20 | <sup>201</sup> Tl                    | 液态/低毒/半衰<br>期 72.91h | 使用(贮<br>存)、销售 | 1.48E+10 | 1.48E+06 | 3.70E+12 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 21 | <sup>203</sup> Pb                    | 液态/低毒/半衰<br>期 51.87h | 使用(贮<br>存)、销售 | 1.48E+10 | 1.48E+06 | 3.70E+12 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 22 | <sup>223</sup> Ra                    | 液态/极毒/半衰<br>期 11.43d | 使用(贮<br>存)、销售 | 1.85E+09 | 1.85E+08 | 4.63E+11 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 23 | <sup>225</sup> Ac(液态)                | 液态/极毒/半衰<br>期 10.0d  | 使用(贮<br>存)、销售 | 2.59E+08 | 2.59E+07 | 6.48E+10 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 24 | <sup>225</sup> Ac(固态)                | 固态/极毒/半衰<br>期 10.0d  | 使用(贮<br>存)、销售 | 2.59E+08 | 2.59E+06 | 6.48E+10 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 |   |  |
| 25 | <sup>227</sup> Th                    | 液态/极毒/半衰<br>期 18.2d  | 使用(贮<br>存)、销售 | 7.40E+08 | 7.40E+07 | 1.85E+11 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |
| 26 | <sup>99</sup> Mo( <sup>99m</sup> Tc) | 液态/中毒/半衰<br>期 65.94h | 使用(贮<br>存)、销售 | 1.48E+10 | 1.48E+07 | 3.70E+12 | 医学诊疗/实验 | 源的贮存 | / |  |

|    |                                       |                    |           |                   |                   |                   |         |         |   |  |
|----|---------------------------------------|--------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|---------|---|--|
| 27 | $^{68}\text{Ge}$ ( $^{68}\text{Ga}$ ) | 液态/中毒/半衰期 288d     | 使用（贮存）、销售 | $3.70\text{E}+10$ | $3.70\text{E}+07$ | $9.25\text{E}+12$ | 医学诊疗/实验 | 源的贮存    | / |  |
| 28 | $^{82}\text{Sr}$ ( $^{82}\text{Rb}$ ) | 液态/中毒/半衰期 25.3d    | 使用（贮存）、销售 | $3.70\text{E}+09$ | $3.70\text{E}+06$ | $9.25\text{E}+11$ | 医学诊疗/实验 | 源的贮存    | / |  |
| 29 | $^{18}\text{F}$                       | 液态/低毒/半衰期 109.8min | 销售        | /                 | /                 | $2.31\text{E}+14$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |
| 30 | $^{64}\text{Cu}$                      | 液态/低毒/半衰期 12.7h    | 销售        | /                 | /                 | $3.70\text{E}+11$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |
| 31 | $^{68}\text{Ga}$                      | 液态/低毒/半衰期 68.3min  | 销售        | /                 | /                 | $9.25\text{E}+12$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |
| 32 | $^{99\text{m}}\text{Tc}$              | 液态/低毒/半衰期 6.02h    | 销售        | /                 | /                 | $3.70\text{E}+13$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |
| 33 | $^{123}\text{I}$                      | 液态/低毒/半衰期 13.22h   | 销售        | /                 | /                 | $4.63\text{E}+12$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |
| 34 | $^{153}\text{Sm}$                     | 液态/中毒/半衰期 46.5h    | 销售        | /                 | /                 | $9.25\text{E}+12$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |
| 35 | $^{188}\text{Re}$                     | 液态/低毒/半衰期 16.98h   | 销售        | /                 | /                 | $3.70\text{E}+12$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |
| 36 | $^{211}\text{At}$                     | 液态/高毒/半衰期 7.214h   | 销售        | /                 | /                 | $4.63\text{E}+12$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |
| 37 | $^{212}\text{Pb}$                     | 液态/中毒/半衰           | 销售        | /                 | /                 | $1.85\text{E}+12$ | 医学诊疗/实验 | 销售（不贮存） | / |  |

|  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  | 期 10.64h |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速粒子 | 最大能量（MeV） | 额定电流（mA）/剂量率（Gy/h） | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|----|----|----|----|------|-----------|--------------------|----|------|----|
| /  | /  | /  | /  | /  | /    | /         | /                  | /  | /    | /  |

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压（kV） | 最大管电流（mA） | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|----|----|----|----|-----------|-----------|----|------|----|
| /  | /  | /  | /  | /  | /         | /         | /  | /    | /  |

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压（kV） | 最大靶电流（μA） | 中子强度（n/s） | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况   |      |    | 备注 |
|----|----|----|----|----|-----------|-----------|-----------|----|------|--------|------|----|----|
|    |    |    |    |    |           |           |           |    |      | 活度（Bq） | 贮存方式 | 数量 |    |
| /  | /  | /  | /  | /  | /         | /         | /         | /  | /    | /      | /    | /  | /  |

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称                      | 状态 | 核素名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 活度 | 月排放量 | 年排放总量               | 排放口浓度                                                             | 暂存情况        | 最终去向                                                                                                                    |
|-------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 臭氧和氮氧化物                 | 气态 | /                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | /  | /    | 少量                  | 少量                                                                | 不暂存         | 设置独立的通风系统，场所的通风系统排气口高于本建筑物屋顶，经活性炭过滤装置，最后经排气系统排至楼顶室外大气                                                                   |
| 非正常工况时气载放射性废物           | 气态 | <sup>131</sup> I 等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | /  | /    | /                   | /                                                                 | 不暂存         |                                                                                                                         |
| 非正常工况时辐射工作人员洗手产生放射性废水   | 液态 | <sup>32</sup> P、 <sup>33</sup> P、 <sup>67</sup> Cu、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>68</sup> Ge、 <sup>89</sup> Zr、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>90</sup> Y、钷[ <sup>90</sup> Y]微球注射液、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>111</sup> In、 <sup>125</sup> I（液态）、 <sup>125</sup> I（粒籽）、 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> Xe、 <sup>161</sup> Tb、 <sup>177</sup> Lu、 <sup>188</sup> Re、 <sup>201</sup> Tl、 <sup>203</sup> Pb、 <sup>223</sup> Ra、 <sup>225</sup> Ac（液态）、 <sup>225</sup> Ac（固态）、 <sup>227</sup> Th | /  | /    | 0.006m <sup>3</sup> | 总 α 不大于 1Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、 <sup>131</sup> I 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L | 暂存于缓冲间      | 放射性废水收集在缓冲间定期委托有资质单位处置                                                                                                  |
| “过期”放射性核素货包             | 固态 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | /  | /    | 360kg               | /                                                                 | 暂存于放射性废物暂存间 | 破损放射性核素货包由厂家进行回收                                                                                                        |
| 非正常工况时去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套 | 固态 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | /  | 1kg  | 2kg                 | /                                                                 |             | 经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α 表面污染<0.08Bq/cm <sup>2</sup> ；β 表面污染<0.8Bq/cm <sup>2</sup> 的，可对其清洁解控并作为医疗废物处理；不能解控的放射性废物交有资质单位处置。   |
| 废活性炭                    | 固态 | <sup>125</sup> I（液态）、 <sup>131</sup> I 等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | /  | /    | 10kg                | /                                                                 | 暂存于放射性废物暂存间 | 经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α 表面污染<0.08Bq/cm <sup>2</sup> ；β 表面污染<0.8Bq/cm <sup>2</sup> 的，可对其清洁解控并作为一般工业固废处理；不能解控的放射性废物交有资质单位处置。 |
| 本项目正常工况下不产生放射性废气、废水和固废。 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |      |                     |                                                                   |             |                                                                                                                         |

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m<sup>3</sup>，年排放总量用kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度，年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法律文件 | <p>(1) 《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日起施行；</p> <p>(2) 《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日国务院令第 253 号发布，2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号公布，2005 年 12 月 1 日起施行，2019 年 3 月 2 日第二次修订；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日原环境保护部令第 18 号公布，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日原环境保护总局令第 31 号公布；2006 年 3 月 1 日起施行；2021 年 1 月 4 日第四次修正；</p> <p>(6) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(7) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(8) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日国家发展和改革委员会令第 7 号公布，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2020 年 11 月 5 日通过；2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发；</p> <p>(11) 《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，自然资办函〔2022〕2080 号，2022 年 9 月 30 日起施行；</p> <p>(12) 关于印发《生态环境分区管控管理暂行规定》的通知，环环评〔2024〕41 号，2024 年 7 月 6 日起施行；</p> <p>(13) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 3 月 23 日经卫生部部务会议讨论通过，自 2007 年 11 月 1 日起施行；</p> |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- (15) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函〔2016〕430号);
- (16) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》,生态环境部令第9号,2019年11月1日施行;
- (17) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(国家环保总局,环发〔2006〕145号);
- (18) 《浙江省生态环境保护条例(修正文本)》,2022年5月27日浙江省第十三届人民代表大会常务委员会第三十六次会议通过;根据2026年7月31日浙江省第十四届人民代表大会常务委员会第二十五次会议《关于修改〈浙江省生态环境保护条例〉等五件地方性法规的决定》修正;
- (19) 《浙江省固体废物污染环境防治条例(修正文本)》,2006年3月29日浙江省第十届人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过,根据2026年7月31日浙江省第十四届人民代表大会常务委员会第二十五次会议《关于修改〈浙江省土壤污染防治条例〉等三件地方性法规的决定》第三次修正;
- (20) 《浙江省辐射环境管理办法》,浙江省人民政府令第388号,2011年12月18日公布;2012年2月1日起施行;2026年9月5日第二次修订;
- (21) 浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2024年本)》的通知,浙环发〔2024〕67号,浙江省生态环境厅,2024年12月31日发布,2025年2月2日起实施;
- (22) 关于印发《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》的通知,浙江省生态环境厅,浙环发〔2024〕18号,2024年3月28日印发;
- (23) 《浙江省药品监督管理局 浙江省国防科技工业办公室关于颁布<浙江省放射性药品生产经营许可证管理办法>的通告》,公告〔2022〕14号,浙江省药品监督管理局 浙江省国防科技工业办公室,2022年12月23日;
- (24) 《浙江省药品监督管理局关于印发<浙江省放射性药品经营质量管理实施细则(暂行)>的通知》,浙药监规〔2024〕2号,浙江省药品监督管理局,2024年10月20日起施行;
- (25) 《海盐县人民政府办公室关于印发海盐县生态环境分区管控动态更新方案的通知》,海盐县人民政府办公室,盐政办发〔2024〕22号,2024年10月21日施行。

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>技<br/>术<br/>标<br/>准</p> | <p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(3)《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019);</p> <p>(4)《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021);</p> <p>(5)《生态环境部辐射源安全监管司关于核医学标准相关条款咨询的复函》(辐射函[2023]20号);</p> <p>(6)《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020);</p> <p>(7)《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(8)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(9)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(10)《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010);</p> <p>(11)《表面污染测定第1部分: <math>\beta</math>发射体 (<math>E_{\beta\max} &gt; 0.15\text{MeV}</math>) 和<math>\alpha</math>发射体》(GB/T 14056.1-2008);</p> <p>(12)《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA1002-2012);</p> <p>(13)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)。</p> |
| <p>其<br/>他</p>             | <p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 公司提供的其他与工程建设有关的技术资料;</p> <p>(3)《辐射防护导论》, 方杰主编。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

**表 7 保护目标与评价标准**

### 7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“以项目实体为中心，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙、丙级取半径 50m 的范围”，结合本项目的辐射污染特点（乙级非密封性放射性物质工作场所），确定评价范围为放射性核素暂存库边界外 50m 范围内区域，评价范围示意图见附图 2。

### 7.2 生态环境保护目标

本项目生态环境保护目标为评价范围 50m 内从事操作的辐射工作人员及公众成员，具体见表 7-1。

**表 7-1 本项目辐射工作场所主要生态环境保护目标一览表**

| 生态环境保护目标 | 所在位置              | 人员规模      | 方位  | 与辐射工作场所边界最近距离（m） | 剂量约束值     |
|----------|-------------------|-----------|-----|------------------|-----------|
| 辐射工作人员   | 放射性核素暂存库          | 2 人       | 内部  | /                | ≤5mSv/a   |
| 公众成员     | 门厅                | 约 10 人次/d | 东侧  | 紧邻               | ≤0.1mSv/a |
|          | 10#楼梯             | 约 20 人次/d |     | 8                |           |
|          | 厂区内道路             | 约 50 人次/d |     | 16               |           |
|          | 浙江景融核科技有限公司       | 约 50 人    |     | 25               |           |
|          | 厂区内道路             | 约 50 人次/d | 南侧  | 紧邻               |           |
|          | 海盐加美五金科技有限公司      | 约 30 人    |     | 15               |           |
|          | 海盐核医通医药科技有限公司拟建址  | 约 4 人     | 西侧  | 紧邻               |           |
|          | 探原检测（嘉兴）有限责任公司拟建址 | 约 4 人     |     | 20               |           |
|          | 门厅                | 约 10 人次/d |     | 40               |           |
|          | 9#楼梯              | 约 20 人次/d |     | 45               |           |
|          | 闲置场地              | 约 5 人次/d  | 北侧  | 紧邻               |           |
|          | 离原科技拟建址           | 约 5 人     |     | 17               |           |
|          | 嘉兴秦拓医药科技有限公司拟建址   | 约 10 人    |     | 30               |           |
|          | 二层闲置厂房            | 约 5 人次/d  | 正上方 | 4                |           |
|          | 三层闲置厂房            | 约 5 人次/d  |     | 9                |           |
|          | 四层闲置厂房            | 约 5 人次/d  |     | 14               |           |

注：本项目正下方为土层，无地下室。

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 剂量限值

剂量限值执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定，工作人

员的职业照射和公众照射的剂量限值如下：

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

#### B1.1 职业照射

##### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

#### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量，1mSv；

### 7.3.2 剂量约束值

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相关要求：

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值的 10%-30%范围之内。

综上所述，本次评价以职业照射剂量限值的 1/4 即不超过 5mSv 作为职业照射的年剂量约束值；以公众照射剂量限值的 1/10 即不超过 0.1mSv 作为公众照射的年剂量约束值。

### 7.3.3 辐射工作场所评价标准

#### （1）辐射防护分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

##### 6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜

在照射的范围。

#### 6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制 25 区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中的相关规定：

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

### （2）辐射工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C，应按表 7-2 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-2 非密封源工作场所的分级

| 级别 | 日等效最大操作量/Bq                        |
|----|------------------------------------|
| 甲  | $>4 \times 10^9$                   |
| 乙  | $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ |
| 丙  | 豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$       |

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

### （3）表面污染控制水平

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表 7-3 的控制水平。

表 7-3 工作场所放射性表面污控制水平

| 表面类型         |                   | $\alpha$ 放射性物质（Bq/cm <sup>2</sup> ） | $\beta$ 放射性物质（Bq/cm <sup>2</sup> ） |
|--------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
|              |                   | 极毒性*                                |                                    |
| 工作台、设备、墙壁、地面 | 控制区 <sup>1)</sup> | 4                                   | $4 \times 10^1$                    |
|              | 监督区               | $4 \times 10^{-1}$                  | 4                                  |
| 工作服、手套、工作鞋   | 控制区               | $4 \times 10^{-1}$                  | 4                                  |
|              | 监督区               |                                     |                                    |
| 手、皮肤、内衣、工作袜  |                   | $4 \times 10^{-2}$                  | $4 \times 10^{-1}$                 |

<sup>1)</sup> 该区内的高污染子区除外

\*本项目 <sup>223</sup>Ra、<sup>225</sup>Ac、<sup>227</sup>Th 等核素为极毒性，因此  $\alpha$  放射性物质表面污染控制水平按照“极毒性”类别考虑。

### （4）工作场所辐射剂量率控制水平

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）以及《生态环境部辐射源安全监管

司关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）中相关规定，本项目放射性核素暂存库所屏蔽体外剂量率控制水平详见表 7-4。

表 7-4 本项目辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

| 场所       | 位置                                              | 周围剂量当量率控制水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ） |
|----------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| 放射性核素暂存库 | 控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处（人员居留因子 $\geq 1/2$ ）  | $<2.5$                          |
|          | 控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子 $< 1/2$ ）           | $<10$                           |
|          | 控制区屏蔽墙外 30cm 处（偶然居留）                            | $<10$                           |
|          | 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道外表面 30cm 处 | $<2.5$                          |

#### （5）固体放射性废物清洁解控要求

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），固体放射性废物处理要求如下：

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于  $0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq/cm}^2$  的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过  $0.1\text{mSv/h}$ ，表面污染水平对  $\beta$  和  $\gamma$  发射体以及低毒性  $\alpha$  发射体应小于  $4\text{Bq/cm}^2$ 、其他  $\alpha$  发射体应小于  $0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

#### （6）放射性废液清洁解控要求

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相关规定，放射性废液向环境排放要求如下：

8.6.2 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录；

a) 每月排放的总活度不超过  $10\text{ALI}_{\min}$ （ $\text{ALI}_{\min}$  是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）；

b) 每一次排放的活度不超过  $1\text{ALI}_{\min}$ ，并且每次排放后不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），放射性废液排放要求如下：

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a) 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；

b) 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（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总  $\alpha$  不大于 1Bq/L、总  $\beta$  不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

### （7）辐射工作场所通风要求

参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），核医学工作场所通风要求如下：

6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

### 7.3.4 货包的包装分级

根据《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中对货包的包装分级：

表 7-6 货包的包装分级

| 条件                         |                         | 分级                    |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 运输指数（TI）                   | 外表面上任一点的最大辐射水平 H(mSv/h) |                       |
| 0 <sup>a</sup>             | $H \leq 0.005$          | I 级（白）                |
| $0 < TI \leq 1^a$          | $0.005 < H \leq 0.5$    | II 级（黄）               |
| $1 < TI \leq 10$           | $0.5 < H \leq 2$        | III 级（黄）              |
| $10 \leq TI$               | $2 < H \leq 10$         | III 级（黄） <sup>b</sup> |
| a 若测的 TI 值不大于 0.05，此数值可为零； |                         |                       |
| b 除集合包装以外，需按独家使用方式运输。      |                         |                       |

根据建设单位提供的资料，建设单位销售的放射性核素货包包装分级为 I 级（白）水平或 II 级（黄）水平，本项目暂存库拟贮存的放射性核素货包均保守按照 II 级（黄）水平考虑。

### 7.3.5 辐射工作人员个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）：

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

5.2.3 对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献 $\leq 10\%$ 时，一般可只监测  $H_p(10)$ ；弱贯穿辐射的剂量贡献 $> 10\%$ 时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量  $H_p(10)$  和  $H_p(0.07)$ 。

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

**表 8 生态环境质量和辐射现状**

## **8.1 项目地理位置和场所位置**

### **8.1.1 项目地理位置**

本项目位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号同创一期厂房。同创一期厂房东侧为浙江景融核科技有限公司；南侧为海盐加美五金科技有限公司；西侧隔金州路为嘉兴星晨汽车零部件有限公司、海盐县星辰标准件有限公司和嘉兴凯鑫五金科技股份有限公司；北侧为隔金城三路（在建）为秦山同创产业园标准厂房二期。

### **8.1.2 项目场所位置**

本项目拟建放射性核素暂存库位于同创一期厂房一层，同创一期厂房为地上四层结构，下方为土层，无地下室。放射性核素暂存库由放射性核素暂存间、放射性废物暂存间、缓冲间、登记室和前室组成。放射性核素暂存库东侧紧邻门厅，8m~50m 范围内为 10#楼梯、厂区内道路和浙江景融核科技有限公司；南侧紧邻厂区内道路，15m~50m 范围内为海盐加美五金科技有限公司；西侧紧邻海盐核医通医药科技有限公司拟建址，20m~50m 范围内为探原检测（嘉兴）有限责任公司拟建址、门厅和 9#楼梯；北侧紧邻闲置场地，17m~50m 范围内为离原科技拟建址和嘉兴秦拓医药科技有限公司拟建址。放射性核素暂存库顶棚隔 4m 开放性空间为二层闲置厂房，隔 9m 为三层闲置厂房，隔 14m 为四层闲置厂房。

## **8.2 辐射环境质量现状评价**

根据《浙江省生态环境状况公报（2025年）》，全省环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 $\gamma$ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。空气中天然放射性核素活度浓度处于本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。钱塘江、曹娥江、甬江、椒江、瓯江、飞云江、鳌江、苕溪八大水系以及京杭运河、西湖和新安江水库中天然放射性核素活度浓度处于本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。地下水天然放射性核素浓度处于本底水平，总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度符合《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的III类水质标准。城市集中式饮用水水源地水中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 活度浓度处于本底水平。近岸海域海水、海底沉积物和海洋生物中人工放射性核素活度浓度未见异常，海水中锶-90和铯-137等人工放射性核素活度浓度远低于《海水水质标准》（GB 3097-1997）。土壤中天然放射性核素活度浓度处于本底水平，人工放射性核素活度浓度未见异常。

### **8.2.1 监测目的**

通过现场监测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

8.2.2环境现状评价对象

本项目辐射工作场所拟建地址及周边环境。

8.2.3监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率、 $\beta$  表面污染。

8.2.4监测点位

根据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)、《表面污染测定第1部分： $\beta$ 发射体( $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ )和 $\alpha$ 发射体》(GB/T14056.1-2008)等要求，结合现场条件，对本项目各辐射工作场所及周围环境进行监测布点。

8.2.5监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；
- (2) 监测时间：2026 年 08 月 31 日；
- (3) 监测方式：现场检测；
- (4) 监测依据：《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；《表面污染测定第1部分： $\beta$ 发射体 ( $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ) 和  $\alpha$  发射体》(GB/T14056.1-2008) 等；
- (5) 监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒间隔读取 10 个数；
- (6) 监测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室内温度：28℃；室外温度：30℃；相对湿度：62%；
- (8) 监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 监测仪器设备参数

|         |                                                             |                                   |
|---------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 检测仪器    | X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪                                      | $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪          |
| 仪器型号    | 6150 AD 6/H<br>(主机：6150AD6/H 外置探头：6150AD-b/H)               | CoMo-170                          |
| 仪器编号    | 167510+165455                                               | 9950                              |
| 生产厂家    | automess                                                    | 德国 NUVIA                          |
| 量 程     | 外置探头：10nSv/h~99.99 $\mu$ Sv/h；<br>主机：0.1 $\mu$ Sv/h~10mSv/h | $\beta/\gamma$ : 0-20000cps       |
| 能量范围    | 外置探头：20keV-7MeV；主机：60keV-1.3MeV                             | /                                 |
| 检定证书编号  | NJYF-20260350086                                            | NJYF-20260751280                  |
| 检定证书有效期 | 2026 年 03 月 02 日~2027 年 03 月 01 日                           | 2026 年 07 月 27 日~2027 年 07 月 28 日 |

|                    |                       |                         |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| 检定单位               | 浙江省质量科学研究院            | 浙江省质量科学研究院              |
| 校准因子 $C_f$ /表面活度响应 | 1.75 $\mu$ Sv/h: 1.02 | B: C1-32: 表面发射率响应: 0.52 |

### 8.2.6 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

### 8.2.7 监测结果及评价

监测结果见表8-2。

表8-2 本项目辐射工作场所拟建址及周围环境辐射本底监测结果

| 点位编号 | 点位描述              | $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h) |     | $\beta$ 表面污染 (Bq/cm <sup>2</sup> ) |                       |
|------|-------------------|----------------------------|-----|------------------------------------|-----------------------|
|      |                   | 平均值                        | 标准差 | (cps)                              | (Bq/cm <sup>2</sup> ) |
| 1#   | 放射性核素暂存间拟建址       | 85                         | 2   | 5.6                                | <N <sub>D</sub>       |
| 2#   | 放射性废物暂存间拟建址       | 140                        | 3   | 4.8                                | <N <sub>D</sub>       |
| 3#   | 缓冲间拟建址            | 138                        | 4   | 3.9                                | <N <sub>D</sub>       |
| 4#   | 登记室拟建址            | 139                        | 2   | 3.4                                | <N <sub>D</sub>       |
| 5#   | 前室拟建址             | 139                        | 4   | 2.8                                | <N <sub>D</sub>       |
| 6#   | 门厅                | 140                        | 3   | 3.8                                | <N <sub>D</sub>       |
| 7#   | 楼梯间               | 137                        | 4   | 2.7                                | <N <sub>D</sub>       |
| 8#   | 厂区内道路             | 87                         | 1   | /                                  | /                     |
| 9#   | 浙江景融核科技有限公司       | 72                         | 2   | 3.9                                | <N <sub>D</sub>       |
| 10#  | 厂区内道路             | 88                         | 2   | /                                  | /                     |
| 11#  | 海盐加美五金科技有限公司      | 77                         | 3   | 3.6                                | <N <sub>D</sub>       |
| 12#  | 海盐核医通医药科技有限公司拟建址  | 150                        | 4   | 3.9                                | <N <sub>D</sub>       |
| 13#  | 探原检测（嘉兴）有限责任公司拟建址 | 104                        | 2   | 3.3                                | <N <sub>D</sub>       |
| 14#  | 闲置场地              | 93                         | 2   | 4.7                                | <N <sub>D</sub>       |
| 15#  | 离原科技拟建址           | 162                        | 7   | 3.1                                | <N <sub>D</sub>       |
| 16#  | 嘉兴秦拓医药科技有限公司拟建址   | 139                        | 3   | 5.8                                | <N <sub>D</sub>       |

|     |               |     |   |     |                 |
|-----|---------------|-----|---|-----|-----------------|
| 17# | 本项目拟建址正上方二层区域 | 160 | 4 | 5.1 | <N <sub>D</sub> |
| 18# | 本项目拟建址正上方三层区域 | 171 | 2 | 4.3 | <N <sub>D</sub> |
| 19# | 本项目拟建址正上方四层区域 | 171 | 3 | 5.6 | <N <sub>D</sub> |

注：1、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.4 条款，本次测量时，测量时仪器探头 垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据。

2、根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.5 条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 <sup>137</sup>Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。

3、γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 31.0nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，8#~11# 点位取 1，19#点位取 0.9，其余点位取 0.8。

4、待测物体表面与探测器窗之间距离：β 源为 10mm。表内结果均已扣除本底值，经计算当地 β 表面污染本底计数率平均值为 4.5cps，该表污检测仪的 β 表面污染测量下限为 0.03Bq/cm<sup>2</sup>，记为 ND。

由表8-2可知：本项目辐射工作场所及周围环境室内γ辐射空气吸收剂量率范围为85nGy/h~162nGy/h，室外γ辐射空气吸收剂量率为72nGy/h~88nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，嘉兴市室内的γ辐射（空气吸收）剂量率范围为76nGy/h~271nGy/h，嘉兴市道路上γ辐射（空气吸收）剂量率范围为28nGy/h~117nGy/h。因此，本项目工作场所拟建场所及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。β表面污染水平背景监测值未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 施工期工程分析

本项目拟在浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号同创一期厂房一层建设放射性核素暂存库。项目建设阶段内容主要为防护装修（含铅防护门、配套用房装修等）。本项目建设阶段工艺流程及产污环节如下：

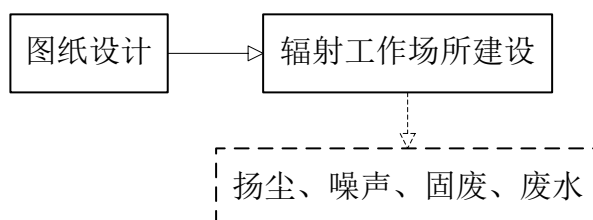


图 9-1 本项目施工期工艺流程及产污环节图

项目建设阶段产生的污染物主要包括：

### （1）扬尘

施工过程中会产生扬尘，主要是防护装修过程中产生的扬尘。

### （2）噪声

施工期噪声主要是防护装修过程中产生的噪声。

### （3）废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水。

### （4）固体废物

施工中产生的废弃物（如废材料、建筑垃圾等）以及施工人员产生的生活垃圾。

## 9.2 工艺设备和工艺分析

### 9.2.1 设备组成及工作原理

生产商拟将放射性核素装于货包内运输，能够有效屏蔽辐射。货包表面贴有标签，标签注明核素品名、放射性比活度、装量等。货包内放置盛有核素的西林瓶/安瓿瓶，货包采用铅、铅+有机玻璃或铅+聚乙烯等材料，能够有效屏蔽辐射，货包可通过旋钮和密封圈将顶盖和罐体进行密封，可防止西林瓶/安瓿瓶破裂后，放射性核素泄漏。运输时，货包置于外包装内运输。外包装贴有商标、标签、说明书和放射性核素标志等，主要为不锈钢桶和泡沫板，能够有效包裹货包，外包装有锁扣装置，防止货包被意外打开；盛有放射性核素的西林瓶/安瓿瓶置于在有屏蔽作用的货包内，货包固定在具有缓冲作用的外包装中，不容易产生晃动，货包包装具有很好的安全性和封

闭性。常见的货包和外包装如下图所示。

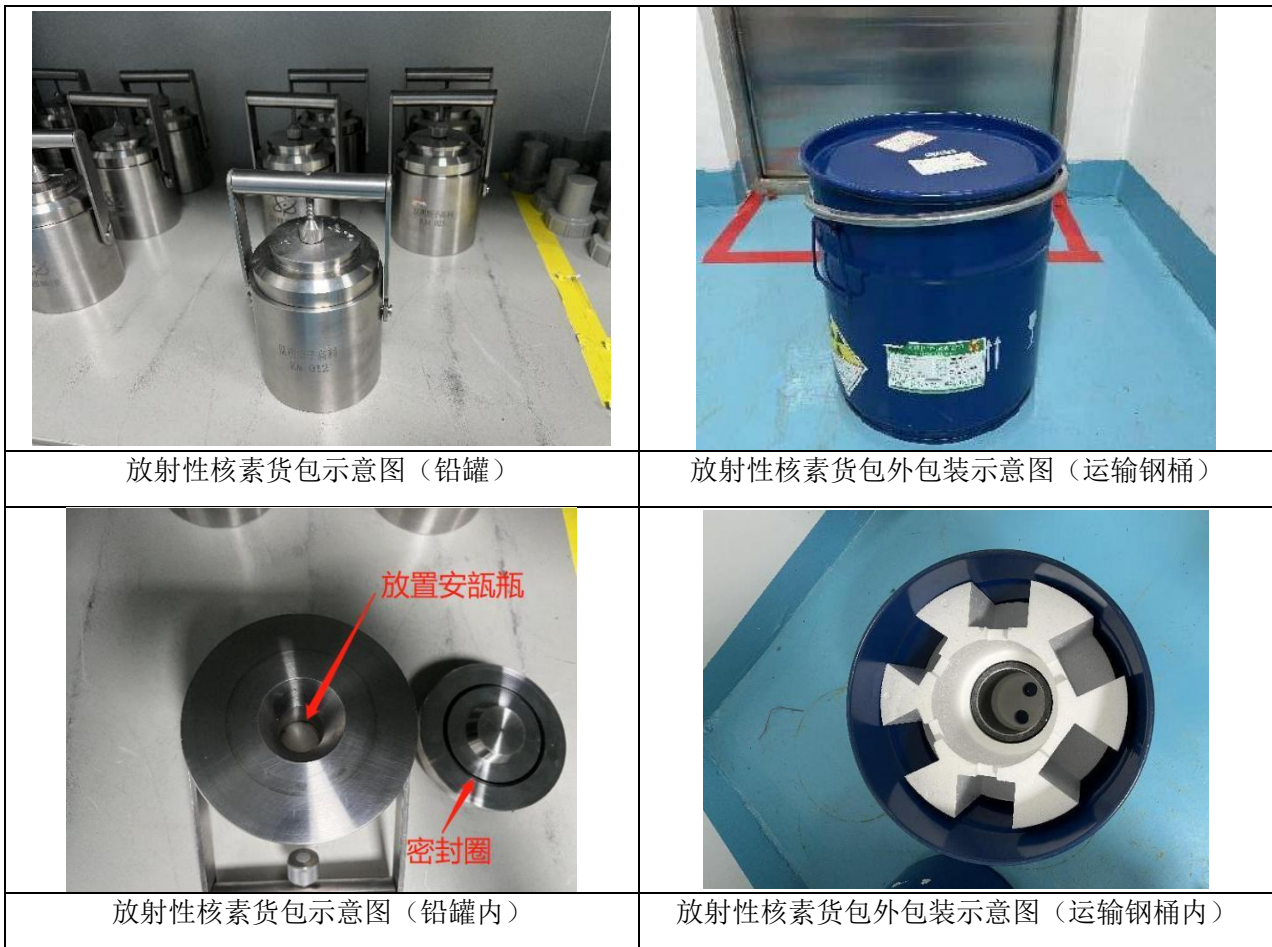


图 9-2 常见的放射性药物货包和外包装示意图

放射性核素销售原则上由厂家直接发往使用方，本项目放射性核素暂存库主要是针对建设单位销售放射性核素过程中，考虑极端天气或核素运输道路封闭等特殊情况，放射性核素货包不能及时运输至使用方，则运输至建设单位放射性核素暂存库暂存，根据不同使用方的运送到达时间、地点要求调整发货时间以及运输车辆的情况，在约定时间再发货运送至使用方。放射性核素货包的运输由建设单位委托浙江省科学器材进出口有限责任公司负责（具备有效的放射性物品道路运输经营许可证）。本项目放射性核素货包暂存在放射性核素暂存间的托盘上，托盘为单层设置，至多可同时暂存 12 个放射性核素货包，货包距放射性核素暂存间四侧墙体的最近距离为：东侧：1760mm；南侧：2420mm；西侧：2500mm；北侧：1500mm。

9.2.2 工作流程及产污环节

考虑极端天气或核素运输道路封闭等特殊情况，放射性核素货包不能及时运输至使用方，则运输至建设单位放射性核素暂存库暂存（半衰期小于 48h 的放射性核素直接返回厂家，不进行暂存），再根据订单要求运输至使用方。

建设单位拟安排 2 名辐射工作人员，负责本项目放射性核素暂存库的管理工作。主要的工作流程可分为：放射性核素货包入库、放射性核素货包最终出库等 2 个流程。

### **(1) 放射性药品货包入库工作流程**

建设单位根据其放射性核素采购情况生成采购记录，采购记录包含核素的通用名称、剂型、规格、批准文号、批号、生产日期、有效期、上市许可持有人、生产厂商、供货单位、采购数量、拟到货日期、货包等级。

①建设单位辐射工作人员与送货人员确认货包到达时间，根据放射性核素暂存库的实际情况，提前安排好货包的存放位置。

②送货人员负责将放射性核素货包运送至暂存库东侧出入口处。

③辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪后和送货人员共同清点核对后将货包转移至小推车内，推车内的放射性核素货包转移至前室，在前室中将货包从外包装内转移出来，并对货包外表面的辐射剂量率水平和表面污染水平进行检测并记录台账。

辐射工作人员在前室进行收货和验收，之后在登记室进行登记。对照随货同行单（票）和采购记录核对放射性核素信息，做到票、账、货相符，对符合收货要求的放射性核素进行验收。

辐射工作人员拟对每次到货的放射性核素进行逐个验收，验收放射性核素应当按照核素批号查验同批号的检验报告书，检验报告书应当加盖供货单位质量管理专用章原印章；对放射性核素的外观、包装、标签以及相关的证明文件等逐一进行检查、核对；对放射性核素货包表面进行 X-γ 辐射剂量率水平（监测结果需满足相对应的货包等级要求的外表面上任一点的最大辐射水平（ $0\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ ））和表面污染水平进行检测后，监测结果满足要求后方可张贴验收合格标识；应当做好放射性核素验收记录，包括核素的通用名称、剂型、规格、批准文号、批号、生产日期、有效期、上市许可持有人、生产厂商、供货单位、到货数量、到货日期（精确到分钟）、验收合格数量、验收结果、表污及辐射剂量率监测结果等内容，辐射工作人员及运输单位送货人员应当在验收记录上签署姓名和验收日期。

④辐射工作人员将检测记录好的货包放回外包装内，将货包放入放射性核素暂存库，完成入库。辐射工作人员和专业运输机构送货人员按照要求填写《放射性核素货包登记台账》。

⑤对不合格货包拒绝入库，应当注明不合格事项并退回至供货方。

⑥工作人员离开暂存库前需在缓冲间进行表面污染监测，正常工况下工作人员不会沾染放射性核素，无污染可直接离开。

货包入库工艺流程及产物环节详见下图。

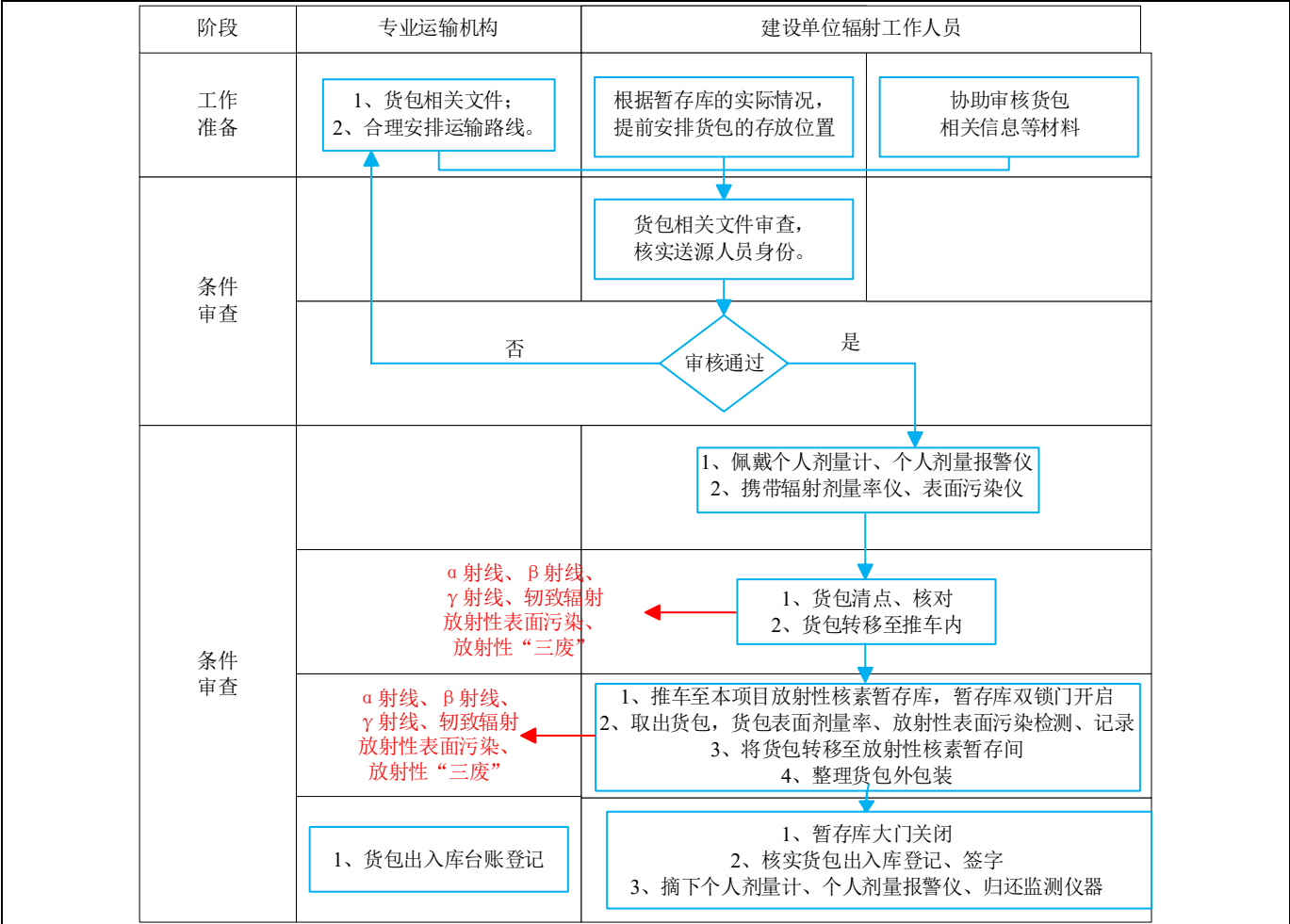


图 9-3 放射性核素货包入库工作流程及产污环节

由货包入库工作流程可知，在货包转移和检测工作中，受放射性核素种类影响，可能会产生  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线、韧致辐射、臭氧和氮氧化物，若辐射工作人员在货包搬运过程中失手倾倒货包或是送货人员使用运输器械操作不当/发生机械故障使得货包跌落受到冲击后破裂，还会产生放射性表面污染、放射性“三废”。

(2) 放射性核素货包出库流程

- ①建设单位与使用方确定时间后，提前委托浙江省科学器材进出口有限责任公司，安排送货人员；
- ②建设单位与送货人员合理安排运输路线，送货人员出示授权等信息；
- ③辐射工作人员核对货包相关文件并核实源领用授权人身份，并在《放射性核素出入库登记表》上进行登记；
- ④辐射工作人员至放射性核素暂存间内取出货包，从外包装取出货包并对货包外表面进行剂

量率（监测结果需满足相对应的货包等级要求的外表面上任一点的最大辐射水平（ $0\text{msV/h}<H\leq 0.5\text{mSv/h}$ ））和表面污染水平检测并记录台账；

⑤辐射工作人员将检测后的货包装入外包装内，并转移至小推车，运送至放射性暂存库门口，和送货人员分别在台账上签字后，方可将货包取走；辐射工作人员离开暂存库前需在缓冲间进行表面污染监测，正常工况下工作人员不会沾染放射性核素，无污染可直接离开。

⑥放射性核素货包出库后，货包的运送管理等均由送货人员负责。送货人员核准时间，将货包按时运出建设单位，并妥善保管。送货人员将放射性核素货包送至使用方，使用方收到货包且确认无误后，由送货人员和使用方共同填写产品交接单。产品交接单三方留存。货包出库工艺流程及产物环节详见下图。

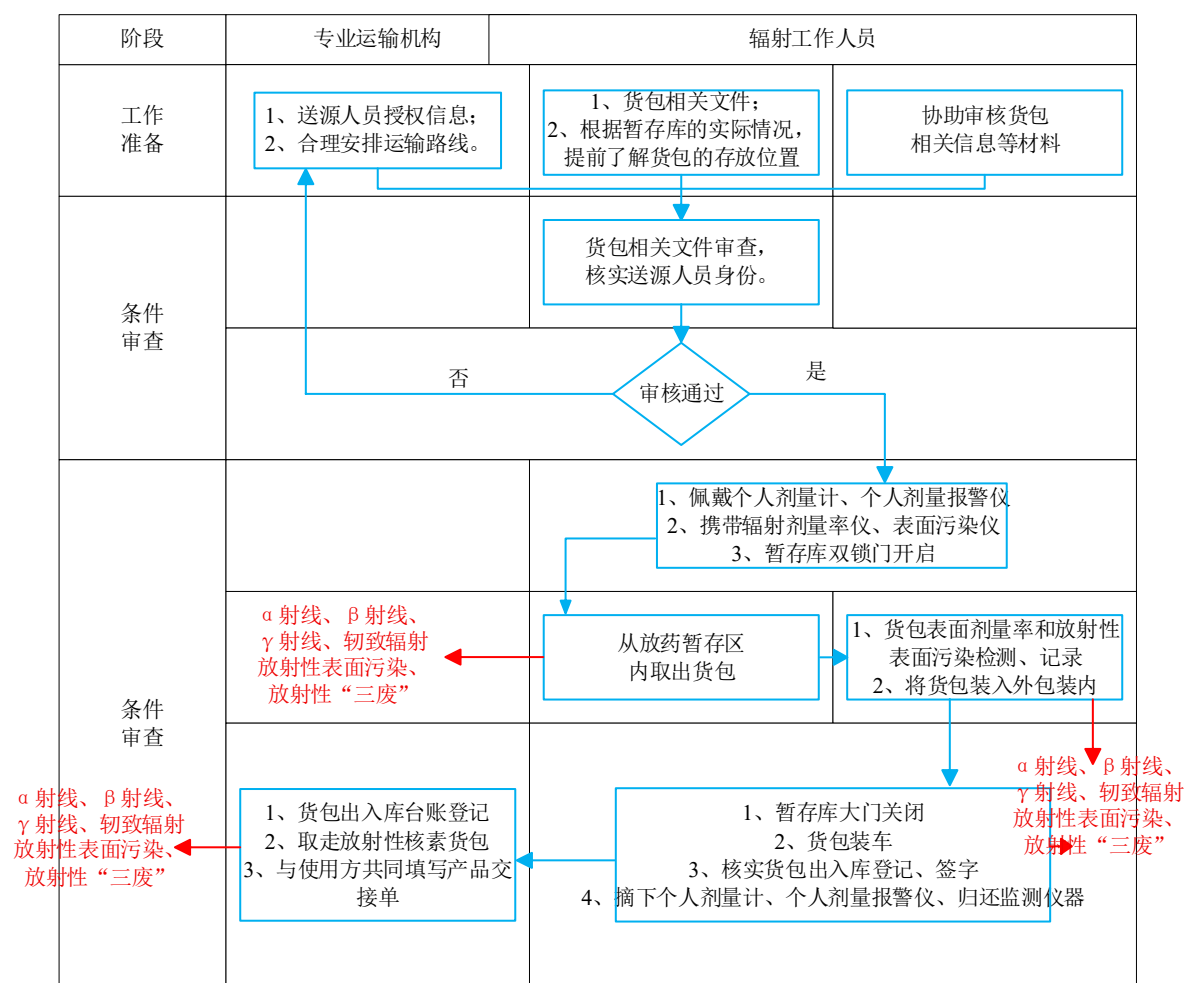


图 9-4 放射性核素货包出库工作流程及产污环节

由货包出库工作流程可知，在货包转移、检测和装车工作中，受放射性核素种类影响，可能会产生 α 射线、β 射线、γ 射线、韧致辐射、臭氧和氮氧化物，若管理人员在货包搬运过程中失手倾倒货包或是送货人员使用运输器械操作不当/发生机械故障使得货包跌落受到冲击后破裂，还

会产生放射性表面污染、放射性“三废”。

### **(3) “过期”放射性核素货包的转运流程**

考虑极端天气或核素运输道路封闭等特殊情况，放射性核素货包不能及时运输至使用方，导致放射性核素暂存时间过久，随着时间衰变，放射性核素活度无法满足诊疗需求，“过期”的放射性核素货包应暂存后送交厂家处理。

①当放射性核素货包的放射性核素活度无法满足诊疗或科研需求时，辐射工作人员应及时将货包从放射性核素暂存间内取出转移至放射性废物暂存间的铅桶内；

②暂存库管理人员填写废弃核素登记台账；

### **(4) 放射性核素销售流程**

本项目放射性核素以生产厂家直发医疗或科研机构为主要销售模式；仅在极端天气、运输道路封闭等特殊情况下，货包先转运至本项目放射性核素暂存间中转暂存。建设单位根据医疗或科研机构订单与运输计划，调度合格货包出库，委托浙江省科学器材进出口有限责任公司负责（具备有效的放射性物品道路运输经营许可证）转运至医疗或科研机构，完成销售交付；销售全过程建立台账，记录核素种类、活度、数量及接收单位，确保货物流向可追溯，全程不开展拆包、分装、调配等操作。

## **9.2.3 人流物流和路径规划**

为了加强辐射安全管理，建设单位拟在放射性核素暂存库出入口均设置门禁系统及监控设备，防止无关人员误入。结合项目的工作流程及工作场所布局设计，单位拟规划出放射性核素暂存库相关工作人员及放射性核素的流动路线，放射性核素暂存库路径规划详见图 9-5。

### **(1) 人员路径规划**

入库：辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪后从东侧门进入放射性核素暂存库区域，在前室进行货包检测，之后进入登记室进行登记。检测合格后货包使用推车将货包经缓冲间运送至放射性核素暂存间托盘上。工作完成后辐射工作人员通在缓冲间进行表面污染监测，达标后经前室由东侧门离开。

出库：辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪后从东侧门进入放射性核素暂存库区域，经前室和缓冲间进入放射性核素暂存间，辐射工作人员将货包转移到推车上运至缓冲间进行货包检测，辐射工作人员缓冲间进行表面污染监测，达标后方可离开，在登记室登记，确认无误将货包经前室由东侧门送出。

### **(2) 物流路径规划**

### ①放射性核素货包

入库：放射性核素货包由厂商送货人员送至放射性废物暂存库东侧门外，由辐射工作人员打开进出门，用推车将货包运至前室，对货包检测后，在登记室完成登记后，再用推车将货包经由缓冲间送入放射性核素暂存间内，摆放至托盘上对应位置。

出库：厂商送货人员到达放射性废物暂存库东侧门外，辐射工作人员进行信息核对后一同打开进出门，辐射工作人员将货包转移至推车运送到缓冲间短暂停留，对货包进行表面剂量检测，在进行货包清点和核对，确认无误后将货包经过经过前室由进出门运出，由送货人员搬运至运输车辆。

### ② “过期”放射性核素货包

放射性核素暂存库拟设置 2 个 10mmPb 铅罐。“过期”放射性核素出现时，辐射工作人员对货包打包、贴标识后转移至放射性核素暂存间内的应急性铅废物桶进行暂存衰变。“过期”放射性核素货包由厂家进行回收。

由上述人员路径和物流路径可知,本项目能够有效避免公众、工作人员受到不必要的外照射,路径规划合理。

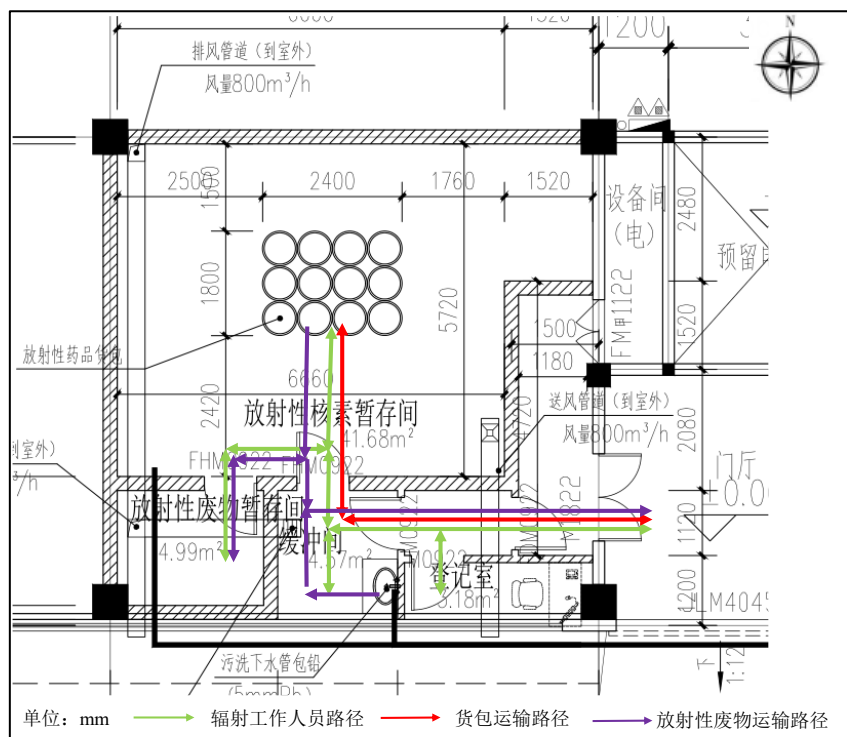


图 9-5 本项目人流物流路径规划图

#### 9.2.4 人员配备和工作负荷

### (1) 人员配备

本项目拟配置 2 名辐射工作人员，1 人为安全员，1 人为暂存库管理员。本项目辐射工作人员均为新增辐射工作人员，由建设单位新聘或现有非辐射工作人员培训后转岗。建设单位现有工作制度为：每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年 57 号），本项目新增辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加“辐射安全管理”类培训和考核，考核合格后方可上岗，并按时重新进行考核。

## （2）工作负荷

本项目安全员负责协同暂存库管理员进行货包的货包出入库工作和“过期”放射性核素货包转运工作，货包出入库工作分为货包的搬运和货包的出入库检测两部分。暂存库管理员除了协同安全员进行货包的货包出入库工作和“过期”放射性核素货包转运工作外，还需要对暂存库进行日常巡检。本项目辐射工作人员工作时间见下表。

表 9-1 本项目辐射工作人员工作时间

| 工作人员类型 | 工作内容    | 各工作流程受照时间                                                                                                                                                                                                                                                            | 受照时间（h） |         | 年人均受照时间（h） |
|--------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|
|        |         |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 单项操作时间  | 总时间     |            |
| 暂存库管理员 | 暂存库日常巡检 | 暂存库日常巡检按照每日 30min 来保守估算，一年工作 250 天，则每年累计巡检时间为 125h。                                                                                                                                                                                                                  | 125     | 约 333.4 | 约 333.4    |
|        | 货包出入库   | ①货包的搬运。本项目暂存库每天最大贮存 12 个货包，保守考虑每天各有 12 个货包出库、12 个货包入库，货包的搬运采用小推车，每天货包入库搬运时间共需 7min，货包出库搬运时间共需 7min，故每天搬运的最大操作时间为 14min，每年累计时间为 58.3h。<br>②货包的出入库检测。核实过程很短，按照保守情况估算，单个货包每次操作时间最多 1.5min。本项目暂存库每天最大贮存 12 个货包，保守考虑每天各有 12 个货包出库、12 个货包入库，故每天最大操作时间为 36min，每年累计时间为 150h。 | 58.3    |         |            |
|        |         |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 150     |         |            |
|        |         |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.1     |         |            |
| 安全员    | 货包出入库   | （2）“过期”的放射性核素货包转运。放射性核素货包按需订购，极少出现放射性核素暂存时间过久的情况，“过期”的放射性核素货包保守一年产生 12 个考虑。单个货包转移时间 0.5min，每年累计时间为 6min（0.1h）。                                                                                                                                                       | 58.3    | 约 208.4 | 约 208.4    |
|        |         |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 150     |         |            |
|        |         |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.1     |         |            |

注：1、本项目辐射工作人员除货包出入库和日常巡检工作外，不在放射性核素暂存库毗邻的房间或通道处工作或长时间停留；  
2、年暂存时间保守按照 250 天考虑。  
3、本项目辐射工作人员的工作内容及受照时间统计，已全面涵盖暂存库日常巡检、货包出入库操作及检测、过期放射性核素

转运等全部可能产生辐射受照的工作环节，无额外未纳入统计的受照场景。

## 9.3 污染源项描述

### 9.3.1 建设阶段的污染源项

#### (1) 扬尘

主要是工作用房建设、防护装修过程中产生的扬尘。

#### (2) 噪声

本项目产生噪声影响的主要产生于施工机械运行与现场处理工作等环节。噪声值一般在65~80dB（A）之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

#### (3) 废水

本项目辐射工作场所施工期间会产生施工废水和施工人员的生活污水。

#### (4) 固体废物

本项目辐射工作场所施工期间会产生的少量生活垃圾、建筑垃圾。

### 9.3.2 运行阶段的污染源项

暂存库贮存放射性核素货包，环境影响因子主要为放射性核素产生的 $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线和韧致辐射，拟贮存放射性核素情况详见下表。

表 9-2 本项目贮存放射性核素的相关属性

| 序号 | 核素名称                      | 理化性质      | 毒性 | 半衰期     | 主要衰变方式        | $\alpha$ 最大能量 (MeV) | $\beta$ 最大能量 (MeV) | X、 $\gamma$ 主要能量 (MeV) |
|----|---------------------------|-----------|----|---------|---------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| 1  | $^{32}\text{P}$           | 液态        | 中毒 | 14.26d  | $\beta^-$     | /                   | 1.711              | /                      |
| 2  | $^{33}\text{P}$           | 液态        | 中毒 | 25.3d   | $\beta^-$     | /                   | 0.249              | /                      |
| 3  | $^{67}\text{Cu}$          | 液态        | 低毒 | 61.7h   | $\beta^-$     |                     | 0.577              | /                      |
| 4  | $^{67}\text{Ga}$          | 液态        | 中毒 | 78h     | $\epsilon$    | /                   | /                  | 0.0933                 |
| 5  | $^{68}\text{Ge}$          | 液态        | 中毒 | 270.95d | EC            | /                   | /                  | 0.0925                 |
| 6  | $^{89}\text{Zr}$          | 液态        | 中毒 | 78.14h  | $\beta^+$ 、EC | /                   | 0.897              | 0.909                  |
| 7  | $^{89}\text{Sr}$          | 液态        | 低毒 | 50.55d  | $\beta^-$     | /                   | 1.488              | /                      |
| 8  | $^{90}\text{Sr}$          | 液态        | 高毒 | 28.1a   | $\beta^-$     | /                   | 0.546              | /                      |
| 9  | $^{90}\text{Y}$           | 液态        | 低毒 | 64.0h   | $\beta^-$     | /                   | 2.288              | /                      |
| 10 | 钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液 | 液态（微球混悬液） | 低毒 | 64.0h   | $\beta^-$     | /                   | 2.288              | /                      |
| 11 | $^{99}\text{Mo}$          | 液态        | 中毒 | 66.02h  | $\beta^-$     | /                   | 1.214              | 0.740                  |
| 12 | $^{111}\text{In}$         | 液态        | 中毒 | 2.8d    | EC            | /                   | /                  | 0.245                  |
| 13 | $^{125}\text{I}$ （液态）     | 液态        | 中毒 | 59.7d   | $\epsilon$    | /                   | /                  | 0.03548                |

|    |                                      |    |    |         |                   |       |        |         |
|----|--------------------------------------|----|----|---------|-------------------|-------|--------|---------|
| 14 | <sup>125</sup> I (粒籽源)               | 固态 | 中毒 | 59.7d   | ε                 | /     | /      | 0.03548 |
| 15 | <sup>131</sup> I                     | 液态 | 中毒 | 8.04d   | β <sup>-</sup>    | /     | 0.6065 | 0.364   |
| 16 | <sup>133</sup> Xe                    | 液态 | 低毒 | 5.29d   | β <sup>-</sup>    |       | 0.346  | 0.081   |
| 17 | <sup>161</sup> Tb                    | 液态 | 中毒 | 6.91d   | β <sup>-</sup>    |       | 0.590  | 0.0879  |
| 18 | <sup>177</sup> Lu                    | 液态 | 中毒 | 6.71d   | β <sup>-</sup>    | /     | 0.497  | 0.208   |
| 19 | <sup>186</sup> Re                    | 液态 | 低毒 | 90.64h  | β <sup>-</sup> 、ε |       | 1.1075 | 0.1371  |
| 20 | <sup>201</sup> Tl                    | 液态 | 低毒 | 72.91h  | EC                | /     | /      | 0.588   |
| 21 | <sup>203</sup> Pb                    | 液态 | 低毒 | 51.87h  | EC                |       |        | 0.279   |
| 22 | <sup>223</sup> Ra                    | 液态 | 极毒 | 11.43d  | α                 | 6.716 | /      | 0.270   |
| 23 | <sup>225</sup> Ac                    | 液态 | 极毒 | 10.0d   | α                 | 5.830 | /      | 0.150   |
| 24 | <sup>225</sup> Ac(固体)                | 固态 | 极毒 | 10.0d   | α                 | 5.830 | /      | 0.150   |
| 25 | <sup>227</sup> Th                    | 液态 | 极毒 | 18.2d   | α                 | 6.038 | /      | 0.256   |
| 26 | <sup>99</sup> Mo( <sup>99m</sup> Tc) | 液态 | 中毒 | 66.02h  | β <sup>-</sup>    | /     | 1.214  | 0.740   |
| 27 | <sup>68</sup> Ge( <sup>68</sup> Ga)  | 液态 | 中毒 | 270.95d | EC                | /     | /      | 0.0925  |
| 28 | <sup>82</sup> Sr( <sup>82</sup> Rb)  | 液态 | 中毒 | 25.3d   | EC                | /     | /      | 0.776   |

注：表中数据主要参考《辐射防护手册——第一分册》(李德平、潘自强主编)及《辐射安全手册》(潘自强主编)。

由操作流程及表9-2可知，正常工况放射性核素货包出入库过程中主要污染因子包括：α射线、β射线、γ射线、韧致辐射，事故工况导致放射性核素外泄时主要污染因子包括α射线、β射线、γ射线、韧致辐射、放射性表面污染、放射性“三废”、臭氧和氮氧化物。

### 9.3.2.1 正常工况下污染源项

#### (1) α 射线

本项目 <sup>223</sup>Ra、<sup>225</sup>Ac、<sup>227</sup>Th 过程中会产生 α 射线，其中 <sup>225</sup>Ac 经过多次 α 衰变和 β 衰变后，产生的放射性同位素中间子体有 <sup>221</sup>Fr、<sup>217</sup>At、<sup>213</sup>Bi、<sup>213</sup>Po、<sup>209</sup>Tl、<sup>209</sup>Pb 和 <sup>209</sup>Bi，最终生成稳定的 <sup>205</sup>Tl。α 射线的能量范围为 3.1MeV-8.4MeV，α 射线和 β 射线在空气中、铅的射程较短。因此，α 射线和 β 射线的辐射环境影响较小。

#### (2) β 射线

本项目贮存 <sup>32</sup>P、<sup>33</sup>P、<sup>67</sup>Cu、<sup>89</sup>Zr、<sup>89</sup>Sr、<sup>90</sup>Sr、<sup>90</sup>Y、钇[<sup>90</sup>Y]微球注射液、<sup>99</sup>Mo、<sup>131</sup>I、<sup>133</sup>Xe、<sup>161</sup>Tb、<sup>177</sup>Lu、<sup>186</sup>Re、<sup>223</sup>Ra、<sup>225</sup>Ac、<sup>99</sup>Mo(<sup>99m</sup>Tc)过程中会产生 β 射线，β 射线的能量范围为 0.249MeV~2.288MeV，β 射线在铅的射程较短，因此 β 射线的辐射环境影响较小。

#### (3) γ 射线

本项目贮存 <sup>67</sup>Ga、<sup>68</sup>Ge、<sup>82</sup>Sr、<sup>89</sup>Zr、<sup>111</sup>In、<sup>125</sup>I (液态)、<sup>125</sup>I (粒籽源)、<sup>131</sup>I、<sup>186</sup>Re、<sup>201</sup>Tl、

$^{223}\text{Ra}$ 、 $^{227}\text{Th}$  过程中会产生  $\gamma$  射线，其  $\gamma$  射线主要能量在 0.03548MeV~0.909MeV 之间， $\gamma$  射线在人体组织中的射程较长，人体皮肤不能有效阻挡  $\gamma$  射线进入人体。因此，本项目评价时将主要考虑  $\gamma$  射线的影响。

#### **(4) 韧致辐射**

本项目贮存 $^{32}\text{P}$ 、 $^{33}\text{P}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液、 $^{99}\text{Mo}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{186}\text{Re}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  过程中， $\beta$  粒子穿过周围物质时将产生韧致辐射。

#### **(5) 放射性三废**

本项目暂存库贮存放射性核素货包过程中建设单位不打开放射性核素货包，不涉及放射性核素操作，正常工况下不会产生放射性废气、放射性废水。

考虑极端天气或核素运输道路封闭等特殊情况，会产生过期货包。年均影响核素正常配送的极端事件最大取约 4 次，按照单次事件即会产生 3 个过期核素的不利工况核算，项目年度最大产生过期放射性核素货包为 12 个，单个货包重约 30kg，则过期核素货包每年产生约 360kg。

#### **(6) 非放射性三废**

$\gamma$  射线、韧致辐射与空气作用，产生少量的臭氧和氮氧化物等废气，经工作场所机械排风系统排放。

### **9.3.2.2 非正常工况下污染源项**

非正常工况下主要污染因子包括  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线、韧致辐射、放射性表面污染、放射性废气、放射性废水与放射性固废。

#### **(1) $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、韧致辐射**

$\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线、韧致辐射同正常工况下的污染源项。

#### **(2) 放射性表面污染**

放射性核素货包发生泄漏撒泼事故时，不可避免地会引起墙壁、地面等放射性沾污，造成放射性表面污染。

#### **(3) 放射性废气**

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时，会产生放射性表面污染，由于环节的空气流动及某些放射性核素的“挥发”特性（如液态的  $^{131}\text{I}$  等），会使附着在设备、墙壁、地板表面的放射性物质转变成放射性气溶胶，悬浮在空气中。本项目辐射工作场所设置有机排风系统，废气通过排风立管经活性炭吸附后于同创一期厂房楼顶排放。

#### **(4) 放射性废水**

建设单位拟在缓冲间污洗区域设置一处铅罐收集事故状态下洗手产生的放射性废水,保守考虑辐射工作人员特殊情况下洗手去污废水量为 3L/次,最大去污频次为 2 次/年,则每年事故工况下应急去污产生的放射性废水不超过 6L。本项目铅罐设计容积为 10L,可以满足收集需求。放射性废液的暂存和处理拟安排专人负责,并建立废物暂存和处理台账,详细记录放射性废液所含的核素名称、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。放射性废水收集在缓冲间定期委托有资质单位处置。

#### **(5) 放射性固废**

事故工况下去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套等,产生量为 1kg;事故工况后更换的活性炭,每次装填的活性炭滤网重约 5kg(每半年更换一次,年产生量约 10kg)。

#### **9.4 原有工艺不足及改进情况**

建设单位此前未开展过核技术利用项目,无原有工艺不足及改进情况。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 布局及合理性分析

本项目辐射工作场所位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号同创一期厂房一层，主要包括放射性核素暂存间、放射性废物暂存间、缓冲间、登记室和前室等。辐射工作场所平面布置图见附图 4，剖面布置图见附图 5。

本项目放射性核素暂存间净面积为 41.68m<sup>2</sup>，满足《浙江省放射性药品经营质量管理实施细则（暂行）》中“库房使用面积不得少于 40 平方米且应符合放射性物品安全、环保相关防护要求”的要求。

本项目放射性核素暂存库的功能用房集中布置，放射性核素暂存库位置相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，周围无明显环境制约因素，各组成部分功能区明确，既有机联系，又互不干扰，且避开了人流量较大的活动区域；货包设有固定措施，防止倾倒，放射性核素货包转移过程中不会出现的洒落等情况；本项目放射性核素暂存库出入口位于同创一期厂房，送货人员路径和建设单位工作人员路径相对独立，进出流线便捷；放射性核素暂存库，各功能间均采取了辐射防护措施；放射性核素暂存库的出入口设有双人双锁，非辐射工作人员的引导不能进入，且出口避开了人流密集区域，因此，参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求，本项目放射性核素暂存库的布局合理。

#### 10.1.2 辐射分区管理

##### （1）“两区”划分

为便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 2002）的要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。该标准规定“注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区”，“注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常以职业照射条件进行监督和评价”。

本项目辐射工作场所分区情况详见下表 10-1，本项目辐射工作场所两区划分示意图见附图 8。

表 10-1 本项目辐射工作场所分区表

| 辐射工作场所   | 控制区               | 监督区                |
|----------|-------------------|--------------------|
| 放射性核素暂存库 | 放射性核素暂存间、放射性废物暂存间 | 缓冲间、前室、登记室、过道门厅等区域 |

##### （2）“两区”管控要求

### ①控制区防护手段与安全措施

- a、控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志；
- b、制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- c、运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- d、在缓冲间备有个人防护用品、工作服、表面污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；
- e、定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

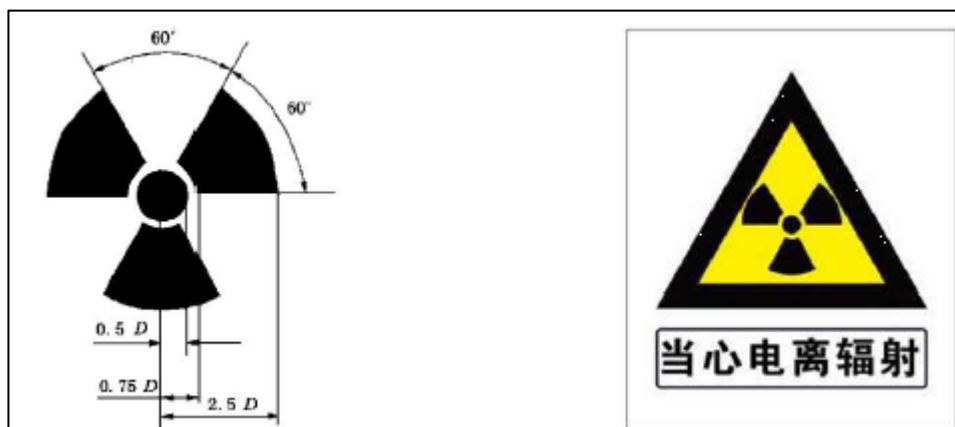


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

### ②监督区防护手段与安全措施

- a、以黄线警示监督区的边界；
- b、在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- c、定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

## 10.1.3 辐射工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的规定，非密封放射性物质工作场所的分级根据场所内放射性核素的日等效操作量进行划分。放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商，具体见式 10-1。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 10-2 和表 10-3。放射性核素暂存库日最大等效操作量计算见表 10-4。

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{日实际操作量} \times \text{毒性修正因子}}{\text{操作修正因子}} \quad (\text{式10-1})$$

表 10-2 放射性核素毒性组别修正因子

| 毒性组别 | 毒性组别修正因子 |
|------|----------|
| 极毒   | 10       |
| 高毒   | 1        |
| 中毒   | 0.1      |
| 低毒   | 0.01     |

表 10-3 操作方式与放射源状态修正因子

| 操作方式    | 放射源状态       |           |          |                     |
|---------|-------------|-----------|----------|---------------------|
|         | 表面污染水平较低的固体 | 液体、溶液、悬浮液 | 表面有污染的固体 | 气体、蒸汽、粉末、压力很高的液体、固体 |
| 源的贮存    | 1000        | 100       | 10       | 1                   |
| 很简单操作   | 100         | 10        | 1        | 0.1                 |
| 简单操作    | 10          | 1         | 0.1      | 0.01                |
| 特别危险的操作 | 1           | 0.1       | 0.01     | 0.001               |

表 10-4 本项目放射性核素暂存库日等效最大操作量计算表

| 序号 | 核素名称                      | 日最大贮存量 (Bq) | 毒性组别修正因子 | 操作方式与放射源状态修正因子 | 日等效最大操作量 (Bq) |
|----|---------------------------|-------------|----------|----------------|---------------|
| 1  | $^{32}\text{P}$           | 1.85E+10    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 1.85E+07      |
| 2  | $^{33}\text{P}$           | 3.70E+10    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 3.70E+07      |
| 3  | $^{67}\text{Cu}$          | 5.55E+09    | 低毒：0.01  | 源的贮存：100       | 5.55E+05      |
| 4  | $^{67}\text{Ga}$          | 7.40E+10    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 7.40E+07      |
| 5  | $^{68}\text{Ge}$          | 1.48E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 1.48E+08      |
| 6  | $^{89}\text{Zr}$          | 9.25E+10    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 9.25E+07      |
| 7  | $^{89}\text{Sr}$          | 1.39E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 1.39E+08      |
| 8  | $^{90}\text{Sr}$          | 1.85E+10    | 高毒：1     | 源的贮存：100       | 1.85E+08      |
| 9  | $^{90}\text{Y}$           | 3.70E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 3.70E+08      |
| 10 | 钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液 | 3.70E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 3.70E+08      |
| 11 | $^{99}\text{Mo}$          | 1.85E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 1.85E+08      |
| 12 | $^{111}\text{In}$         | 1.85E+10    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 1.85E+07      |
| 13 | $^{125}\text{I}$ （液态）     | 3.70E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 3.70E+08      |
| 14 | $^{125}\text{I}$ （粒籽源）    | 3.70E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：1000      | 3.70E+07      |
| 15 | $^{131}\text{I}$          | 3.70E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 3.70E+08      |
| 16 | $^{133}\text{Xe}$         | 3.70E+09    | 低毒：0.01  | 源的贮存：100       | 3.70E+05      |
| 17 | $^{161}\text{Tb}$         | 7.40E+10    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 7.40E+07      |
| 18 | $^{177}\text{Lu}$         | 1.48E+11    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 1.48E+08      |
| 19 | $^{186}\text{Re}$         | 1.48E+10    | 中毒：0.1   | 源的贮存：100       | 1.48E+07      |
| 20 | $^{201}\text{Tl}$         | 1.48E+10    | 低毒：0.01  | 源的贮存：100       | 1.48E+06      |
| 21 | $^{203}\text{Pb}$         | 1.48E+10    | 低毒：0.01  | 源的贮存：100       | 1.48E+06      |
| 22 | $^{223}\text{Ra}$         | 1.85E+09    | 极毒：10    | 源的贮存：100       | 1.85E+08      |
| 23 | $^{225}\text{Ac}$ （液态）    | 2.59E+08    | 极毒：10    | 源的贮存：100       | 2.59E+07      |
| 24 | $^{225}\text{Ac}$ （固态）    | 2.59E+08    | 极毒：10    | 源的贮存：1000      | 2.59E+06      |
| 25 | $^{227}\text{Th}$         | 7.40E+08    | 极毒：10    | 源的贮存：100       | 7.40E+07      |

|                                                                                      |                                       |          |        |          |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|--------|----------|----------|
| 26                                                                                   | <sup>99</sup> Mo ( <sup>99m</sup> Tc) | 1.48E+10 | 中毒：0.1 | 源的贮存：100 | 1.48E+07 |
| 27                                                                                   | <sup>68</sup> Ge ( <sup>68</sup> Ga)  | 3.70E+10 | 中毒：0.1 | 源的贮存：100 | 3.70E+07 |
| 28                                                                                   | <sup>82</sup> Sr ( <sup>82</sup> Rb)  | 3.70E+09 | 中毒：0.1 | 源的贮存：100 | 3.70E+06 |
| 合计                                                                                   |                                       |          |        |          | 2.99E+09 |
| 注：日等效最大操作量计算时保守按全部放射性核素日销售量最大货包数量考虑；毒性组别修正因子取值来源于《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）附录 D。 |                                       |          |        |          |          |

经计算得出本项目辐射工作场所日等效最大操作量为  $2.99 \times 10^9 \text{Bq}$ ，根据《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）规定，本项目辐射工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

#### 10.1.4 辐射工作场所分类

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），可以依据计划操作最大量放射性核素的加权活度，把工作场所分为I、II、III等三类。核素的加权活度计算公式见式 10-2：

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}} \quad \text{式 (10-2)}$$

根据公式（10-2），计算得到放射性核素暂存库所用核素的加权活度结果见表 10-5。

表 10-5 本项目放射性核素暂存库的加权活度计算

| 工作场所     | 序号 | 核素名称                     | 日操作最大活度（Bq） | 核素毒性的权重因子 | 操作性质修正因子 | 放射性核素加权活度（MBq） | 场所分类                   |
|----------|----|--------------------------|-------------|-----------|----------|----------------|------------------------|
| 放射性核素暂存间 | 1  | <sup>32</sup> P          | 1.85E+10    | 100       | 100      | 1.85E+10       | 2.82E+06<br>MBq,<br>I类 |
|          | 2  | <sup>33</sup> P          | 3.70E+10    | 100       | 100      | 3.70E+10       |                        |
|          | 3  | <sup>67</sup> Cu         | 5.55E+09    | 100       | 100      | 5.55E+09       |                        |
|          | 4  | <sup>67</sup> Ga         | 7.40E+10    | 1         | 100      | 7.40E+08       |                        |
|          | 5  | <sup>68</sup> Ge         | 1.48E+11    | 100       | 100      | 1.48E+11       |                        |
|          | 6  | <sup>89</sup> Zr         | 9.25E+10    | 100       | 100      | 9.25E+10       |                        |
|          | 7  | <sup>89</sup> Sr         | 1.39E+11    | 100       | 100      | 1.39E+11       |                        |
|          | 8  | <sup>90</sup> Sr         | 1.85E+10    | 100       | 100      | 1.85E+10       |                        |
|          | 9  | <sup>90</sup> Y          | 3.70E+11    | 100       | 100      | 3.70E+11       |                        |
|          | 10 | 钇[ <sup>90</sup> Y]微球注射液 | 3.70E+11    | 100       | 100      | 3.70E+11       |                        |
|          | 11 | <sup>99</sup> Mo         | 1.85E+11    | 100       | 100      | 1.85E+11       |                        |
|          | 12 | <sup>111</sup> In        | 1.85E+10    | 1         | 100      | 1.85E+08       |                        |
|          | 13 | <sup>125</sup> I（液态）     | 3.70E+11    | 100       | 100      | 3.70E+11       |                        |
|          | 14 | <sup>125</sup> I（粒籽源）    | 3.70E+11    | 100       | 100      | 3.70E+11       |                        |
|          | 15 | <sup>131</sup> I         | 3.70E+11    | 100       | 100      | 3.70E+11       |                        |
|          | 16 | <sup>133</sup> Xe        | 3.70E+09    | 0.01      | 100      | 3.70E+05       |                        |
|          | 17 | <sup>161</sup> Tb        | 7.40E+10    | 100       | 100      | 7.40E+10       |                        |
|          | 18 | <sup>177</sup> Lu        | 1.48E+11    | 100       | 100      | 1.48E+11       |                        |
|          | 19 | <sup>186</sup> Re        | 1.48E+10    | 100       | 100      | 1.48E+10       |                        |
|          | 20 | <sup>201</sup> Tl        | 1.48E+10    | 100       | 100      | 1.48E+10       |                        |
|          | 21 | <sup>203</sup> Pb        | 1.48E+10    | 100       | 100      | 1.48E+10       |                        |
|          | 22 | <sup>223</sup> Ra        | 1.85E+09    | 100       | 100      | 1.85E+09       |                        |
|          | 23 | <sup>225</sup> Ac（液态）    | 2.59E+08    | 100       | 100      | 2.59E+08       |                        |
|          | 24 | <sup>225</sup> Ac（固态）    | 2.59E+08    | 100       | 100      | 2.59E+08       |                        |

|                                                                                                         |                |                                               |          |            |                        |                            |                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|----------|------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|                                                                                                         | 25             | $^{227}\text{Th}$                             | 7.40E+08 | 100        | 100                    | 7.40E+08                   |                                |
|                                                                                                         | 26             | $^{99}\text{Mo}$ ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) | 1.48E+10 | 100        | 100                    | 1.48E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 27             | $^{68}\text{Ge}$ ( $^{68}\text{Ga}$ )         | 3.70E+10 | 100        | 100                    | 3.70E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 28             | $^{82}\text{Sr}$ ( $^{82}\text{Rb}$ )         | 3.70E+09 | 100        | 100                    | 3.70E+09                   |                                |
| 放射性废物暂存间                                                                                                | 1              | $^{32}\text{P}$                               | 1.85E+08 | 100        | 10                     | 1.85E+09                   | 2.82E+05<br><br>MBq,<br><br>I类 |
|                                                                                                         | 2              | $^{33}\text{P}$                               | 3.70E+08 | 100        | 10                     | 3.70E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 3              | $^{67}\text{Cu}$                              | 5.55E+07 | 100        | 10                     | 5.55E+08                   |                                |
|                                                                                                         | 4              | $^{67}\text{Ga}$                              | 7.40E+08 | 1          | 10                     | 7.40E+07                   |                                |
|                                                                                                         | 5              | $^{68}\text{Ge}$                              | 1.48E+09 | 100        | 10                     | 1.48E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 6              | $^{89}\text{Zr}$                              | 9.25E+08 | 100        | 10                     | 9.25E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 7              | $^{89}\text{Sr}$                              | 1.39E+09 | 100        | 10                     | 1.39E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 8              | $^{90}\text{Sr}$                              | 1.85E+08 | 100        | 10                     | 1.85E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 9              | $^{90}\text{Y}$                               | 3.70E+09 | 100        | 10                     | 3.70E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 10             | 钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液                     | 3.70E+09 | 100        | 10                     | 3.70E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 11             | $^{99}\text{Mo}$                              | 1.85E+09 | 100        | 10                     | 1.85E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 12             | $^{111}\text{In}$                             | 1.85E+08 | 1          | 10                     | 1.85E+07                   |                                |
|                                                                                                         | 13             | $^{125}\text{I}$ （液态）                         | 3.70E+09 | 100        | 10                     | 3.70E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 14             | $^{125}\text{I}$ （粒籽源）                        | 3.70E+09 | 100        | 10                     | 3.70E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 15             | $^{131}\text{I}$                              | 3.70E+09 | 100        | 10                     | 3.70E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 16             | $^{133}\text{Xe}$                             | 3.70E+07 | 0.01       | 10                     | 3.70E+04                   |                                |
|                                                                                                         | 17             | $^{161}\text{Tb}$                             | 7.40E+08 | 100        | 10                     | 7.40E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 18             | $^{177}\text{Lu}$                             | 1.48E+09 | 100        | 10                     | 1.48E+10                   |                                |
|                                                                                                         | 19             | $^{186}\text{Re}$                             | 1.48E+08 | 100        | 10                     | 1.48E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 20             | $^{201}\text{Tl}$                             | 1.48E+08 | 100        | 10                     | 1.48E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 21             | $^{203}\text{Pb}$                             | 1.48E+08 | 100        | 10                     | 1.48E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 22             | $^{223}\text{Ra}$                             | 1.85E+07 | 100        | 10                     | 1.85E+08                   |                                |
|                                                                                                         | 23             | $^{225}\text{Ac}$ （液态）                        | 2.59E+06 | 100        | 10                     | 2.59E+07                   |                                |
|                                                                                                         | 24             | $^{225}\text{Ac}$ （固态）                        | 2.59E+06 | 100        | 10                     | 2.59E+07                   |                                |
|                                                                                                         | 25             | $^{227}\text{Th}$                             | 7.40E+06 | 100        | 10                     | 7.40E+07                   |                                |
|                                                                                                         | 26             | $^{99}\text{Mo}$ ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) | 1.48E+08 | 100        | 10                     | 1.48E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 27             | $^{68}\text{Ge}$ ( $^{68}\text{Ga}$ )         | 3.70E+08 | 100        | 10                     | 3.70E+09                   |                                |
|                                                                                                         | 28             | $^{82}\text{Sr}$ ( $^{82}\text{Rb}$ )         | 3.70E+07 | 100        | 10                     | 3.70E+08                   |                                |
| 注：放射性废物暂存间加权活度计算保守按放射性核素暂存间的日操作最大活度的 1%进行计算；核素毒性的权重因子取值于 GBZ 120-2020 附录 G 表 G.2，表格中无数据的核素均按照 100 保守取值。 |                |                                               |          |            |                        |                            |                                |
| 参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中关于“不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求”，各类工作场所要求见下表。                               |                |                                               |          |            |                        |                            |                                |
| 表 10-6 本项目工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求                                                                      |                |                                               |          |            |                        |                            |                                |
| 场所分类                                                                                                    | 地面             | 表面                                            | 通风橱      | 室内通风       | 管道                     | 盥洗及去污                      | 结构屏蔽                           |
| I                                                                                                       | 地板与墙壁<br>接缝无缝隙 | 易清洗                                           | 需要       | 特殊的强<br>通风 | 特殊的<br>管道 <sup>a</sup> | 洗手盆 <sup>b</sup> 和去<br>污设备 | 需要                             |
| 注：a：下水道易短，大水流管道应有标记以便维修检测。<br>b：洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。                                                 |                |                                               |          |            |                        |                            |                                |
| 本项目辐射工作场所控制区拟参考I类工作场所进行设计，墙面采取易清洁不易渗透的瓷砖，地面与墙壁的连接处应采用圆弧设计，保证连接处无缝隙；场所应有良好的通风；配备应急状况下的清洗和去污设备。           |                |                                               |          |            |                        |                            |                                |
| 10.1.5 辐射屏蔽设计                                                                                           |                |                                               |          |            |                        |                            |                                |

依据建设单位提供的资料，本项目放射性核素暂存库辐射屏蔽防护设计见表 10-7，本项目放射性核素暂存库辐射工作场所屏蔽防护设计图见附图 4。

**表 10-7 本项目放射性核素暂存库用房屏蔽设计情况**

| 工作场所     | 房间净面积               | 屏蔽体  | 屏蔽设计情况                 |
|----------|---------------------|------|------------------------|
| 放射性核素暂存间 | 41.68m <sup>2</sup> | 四侧墙体 | 240mm 厚实心砖墙+30mm 硫酸钡涂料 |
|          |                     | 顶棚   | 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料   |
|          |                     | 地坪   | 无地下层，普通硬化              |
|          |                     | 防护门  | 敷衬 5mm 厚铅板             |
| 放射性废物暂存间 | 4.99m <sup>2</sup>  | 四侧墙体 | 240mm 厚实心砖墙+30mm 硫酸钡涂料 |
|          |                     | 顶棚   | 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料   |
|          |                     | 地坪   | 无地下层，普通硬化              |
|          |                     | 防护门  | 敷衬 5mm 厚铅板             |
|          |                     | 铅桶   | 10mmPb                 |

注：混凝土密度不小于 2.35g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡涂料密度不小于 3.20g/cm<sup>3</sup>，实心砖密度不小于 1.65g/cm<sup>3</sup>，铅密度不小于 11.34g/cm<sup>3</sup>。

#### 10.1.6 场所辐射安全防护措施

##### (1) 放射性核素暂存库工作场所辐射安全和防护措施

根据建设单位提供的资料及设计方案，本项目放射性核素暂存库设计的辐射安全装置和保护措施如下：

##### ①双人双锁

放射性核素暂存库工作场所出入口和放射性核素暂存间出入口设置双人双锁，仅当暂存库管理人员和安全员 2 名人员均在场时，方可打开放射性核素暂存间大门，进入放射性核素暂存间内，暂存库大门防盗安全级别为乙级(含)以上。

##### ②视频监控系统、门禁系统和红外报警系统

建设单位拟在前室、缓冲间、登记室、放射性核素暂存间和放射性废物暂存间内设置视频监控设备；放射性核素暂存间处设置红外入侵报警系统，并与当地 110 联网。上述设备用于报警复核及监控，监控及入侵报警系统布防、撤防、报警、故障等信息的保存时间拟不小于 30 天。

##### ③电离辐射警告标志

建设单位拟在放射性核素暂存库出入口、放射性核素暂存间防护门和放射性废物暂存间的防护门处设置电离辐射警告标志和中文警示说明。

##### ④电离辐射标志

建设单位拟在放射性废物暂存间铅桶和放射性核素暂存间运输钢桶外张贴电离辐射标志。

##### ⑤固定式场所辐射探测报警装置

建设单位拟在放射性核素暂存库内配置一套固定式场所辐射探测报警装置（1个显示屏，2个剂量探头），拟将显示屏安装在登记室，探头分别安装在放射性核素暂存间和放射性废物暂存间内。

#### **⑥工作场所表面污染防治措施**

A、建设单位拟按表 10-6 的要求，放射性核素暂存间和放射性废物暂存间墙面、地面均为光滑饰面、无缝隙，地面与相邻墙采用圆滑式连接、易去污、易清洗。

B、本项目要求严格规范辐射工作人员工作和生活习惯，禁止在本项目工作场所饮食、饮水、化妆等；辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作。严格遵守个人卫生制度和安全操作规程，穿戴个人防护用品，本项目辐射工作人员开始辐射工作前需更换服装，并穿戴工作服、帽、鞋、防护口罩、胶质手套及相应个人防护用品。工作人员结束辐射工作，需在人员检测区，经对工作服、手部等体表部位进行污染测定，确认未受放射污染，方可更衣离开。

#### **⑦货包的辐射屏蔽防护措施**

生产商拟将放射性核素装于货包内运输，能够有效屏蔽辐射。货包内放置盛有核素的西林瓶/安瓿瓶，货包采用铅或铅+有机玻璃等材料，能够有效屏蔽辐射，货包表面贴有标签，标签注明核素品名、放射性比活度、装量等。

#### **⑧货包防泄漏措施**

A、外包装贴有商标、标签、说明书和放射性核素标志等，主要为不锈钢桶和泡沫板，能够有效包裹货包，外包装有锁扣装置，防止货包被意外打开；

B、货包可通过旋钮和密封圈将顶盖和罐体进行密封，可防止西林瓶/安瓿瓶破裂后，放射性核素泄漏。

C、当放射性核素货包运送到建设单位，建设单位辐射工作人员与运输机构完成交接后，采用长柄推车运送放射性核素货包，推车四周设有围挡，可防止运输过程中货包意外掉落。

#### **⑨辐射监测措施**

A、辐射工作人员在开始货包出入库和巡检工作前需佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪，工作结束离开放射性核素暂存库时应检查个人剂量计是否遗落，建设单位应定期（不超过三个月）委托有资质的单位进行个人剂量监测；

B、辐射工作人员在货包出入库前应当使用 X-γ 辐射剂量率仪和 α/β 表面污染监测仪对货包表面剂量率和放射性表面污染情况进行监测，并将每次检测记录将登记在台账上；

C、辐射工作人员工作结束后应及时监测控制区地面和墙壁、铅桶表面和货包表面、工作

人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等物体表面的放射性表面污染情况。

D、建设单位将委托有资质单位对放射性核素暂存库周围剂量当量率、放射性表面污染等监测因子进行验收监测和年度监测。

## **⑩辐射防护管理**

### **A、分区优化布局管理**

结合放射性核素辐射剂量水平、使用频次及操作便捷性，对放射性核素暂存库内货位进行分区优化布局，遵循辐射防护最优化原则实施精细化管理：将辐射剂量率较高的放射性核素存放于暂存库远离人员操作通道、人员停留时间较短的内侧区域，利用距离衰减效应降低工作人员受照剂量；将临床使用频率高、周转速度快的放射性核素存放于靠近出入口、操作便捷的近通道区域，缩短工作人员存取操作路径与停留时间；将辐射剂量率较低、半衰期较长、周转频次慢的放射性核素存放于暂存库边缘非主要操作区域，避免占用核心便捷货位。通过上述分区布局，最大限度减少工作人员在辐射场中的停留时间与受照剂量，确保职业照射剂量满足相关标准要求。

### **B、台账管理**

#### **a、放射性核素货包出入库台账**

根据表 9 工作流程分析，建设单位拟针对本项目制定放射性核素货包出入库管理制度，计划建立放射性核素货包出入库台账，及时登记，确保账物相符，明确放射性核素货包的流向，并由暂存库管理员负责。

#### **b、辐射剂量检测台账**

根据建设单位工作流程，每次出入库将对放射性核素货包表面的辐射剂量率进行监测，每次检测记录将登记在台账上，并由暂存库管理员进行签名确认。

#### **c、产品交接台账**

建设单位填写产品交接单，并委托专业运输机构将放射性核素货包运送至使用方，使用方收到货包且确认货包内放射性核素无误后，送货司机和使用方接收人员填写产品交接单，填写完成后，三方共同留存。

### **C、辐射防护用品或设施配置**

a、放射性废物暂存间拟配备 2 个 10mmPb 铅罐用于“过期”放射性核素货包和去污产生的放射性固废暂存；缓冲间污洗区域下方配备一个 10mmPb 铅罐用于收集污洗产生的放射性废水；

- b、配备 1 台 X- $\gamma$  辐射剂量率仪和 1 台  $\alpha/\beta$  表面污染监测仪用于放射性核素货包出入库时，货包的检测，及本项目周围场所的自行监测及工作人员的监测；
- c、辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪和 2 枚个人剂量计。

表 10-6 个人防护用品和辅助防护设施配置

| 序号 | 产品名称                          | 数量   | 主要参数       | 备注 |
|----|-------------------------------|------|------------|----|
| 1  | 铅罐（2 个位于放射性废物暂存间，1 个位于缓冲间污洗区） | 3 个  | 10mmPb，10L | 新增 |
| 2  | 放射性污染防护服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等       | 按需购买 | /          | 新增 |
| 3  | 应急去污用品                        | 1 套  | /          | 新增 |
| 4  | $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染监测仪    | 1 台  | /          | 新增 |
| 5  | X- $\gamma$ 辐射剂量率仪            | 1 台  | /          | 新增 |
| 6  | 个人剂量报警仪                       | 2 台  | /          | 新增 |
| 7  | 个人剂量计                         | 2 枚  | /          | 新增 |
| 8  | 固定式剂量率监测装置                    | 1 套  | /          | 新增 |

#### D、制度上墙

相关辐射安全与防护管理制度以规范化形式张贴于库房显著位置。

#### （2）销售业务相关的辐射安全措施

##### ①销售单位辐射安全措施

A、应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

B、从事辐射工作的人员应通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

C、应针对销售放射性物质制定健全的操作规程、岗位职责、安全保卫制度、辐射防护措施、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案和辐射事故应急预案等规章制度。

##### ②用户单位辐射安全措施

A、建设单位与用户签订放射性核素销售合同；

B、审查用户持有的辐射安全许可证，确认该用户的许可证的有效期和许可的种类和范围可以满足相关要求；

C、确认用户与生产厂家签订的非密封放射性物质转让协议以及生态环境主管部门办理的非密封放射性物质转让审批；

D、在进行放射性核素转移前，需在《非密封放射性物质销售台账》上进行登记确认，做到账物相符；放射性核素运输到用户单位后，填写核素交接单。每次的转让活动，双方人员应履行交接手续，并在交接单上签字确认。

##### ③运输辐射安全措施

建设单位从事非密封放射性物质的销售工作，委托浙江省科学器材进出口有限责任公司进行放射性核素货包的运输工作，由承运单位承担相应运输安全责任。

## **10.2“三废”治理措施**

### **10.2.1 放射性废气**

本项目放射性核素暂存库内放射性核素衰变过程中产生的 $\gamma$ 射线、韧致辐射与空气中的氧气发生作用，产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目放射性核素暂存库拟设置1套送风系统和1套排风系统。

送风系统管道走向为室外到放射性核素暂存间，设计送风量为 $800\text{m}^3/\text{h}$ ，直径为 $300\text{mm}$ ，穿墙口 $500\text{mm}$ 范围内采用 $5\text{mmPb}$ 铅屏蔽补偿。排风系统管道连接放射性核素暂存间、放射性废物暂存间、缓冲间，为放射性废物暂存间、缓冲间设置一排风量为 $100\text{m}^3/\text{h}$ 的风机，为放射性核素暂存间设置一排风量为 $800\text{m}^3/\text{h}$ 的风机。排风系统管道直径为 $300\text{mm}$ ，穿墙口 $500\text{mm}$ 范围内采用 $5\text{mmPb}$ 铅屏蔽补偿。排风管道拟从暂存库南侧墙体穿出，最终在厂房楼顶并高出屋脊 $3\text{m}$ 排放，排风管道内保持负压并安装防回流装置。本项目工作场所的气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时，会产生少量的放射性气溶胶废气。本项目拟使用的活性炭过滤器对空气中气溶胶进行吸附，吸附效率可至少达到 $99\%$ 。为保证过滤效率的有效性，建设单位拟根据设备特性定期进行过滤器维护，每半年对过滤器的过滤效率进行校核，如果有必要每半年进行一次更换，以防止过滤器失效，造成放射性污染事故，且更换下的过滤器作为放射性固废进行管理和处理，解控后需作为一般废物进行管理和处理。活性炭1次装量约 $5\text{kg}$ ，发生事故时更换，一年保守估计更换2次，则每年产生废活性炭约 $10\text{kg}$ 。

本性项目管道布置合理，气流排向正确，拟设置的排气口高于所在楼屋顶，且远离邻近的高层建筑物（本项目周边无高层建筑物），拟设置活性炭过滤装置，符合要求。

### **10.2.2 放射性废水**

本项目暂存库贮存放射性核素货包过程中建设单位不打开放射性核素货包，不涉及放射性核素操作，不会产生放射性废液。建设单位拟在缓冲间污洗区域设置一处铅罐收集事故状态下洗手产生的放射性废水，保守考虑辐射工作人员特殊情况下洗手去污废水量为 $3\text{L}/\text{次}$ ，最大去污频次为2次/年，则每年事故工况下应急去污产生的放射性废水不超过 $6\text{L}$ 。本项目铅罐设计容积为 $10\text{L}$ ，可以满足收集需求。放射性废液的暂存和处理拟安排专人负责，并建立废物暂存和

处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、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。放射性废水收集在缓冲间定期委托有资质单位处置。

### 10.2.3 放射性固废

本项目放射性固废主要有“过期”的放射性核素货包、事故工况下去污产生的抹布、吸水纸、纸巾、手套等放射性固废以及事故工况后更换的活性炭。

固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

建设单位拟将“过期”的放射性核素货包在贮存后送交厂家处理，及时将事故工况下产生的放射性固废转移至放射性废物暂存间的铅桶内进行衰变，事故工况下产生的放射性固废需装入专用废物袋后再放入铅桶，铅桶外表面显著位置要标明废物类型、收贮时间、核素种类及数量等内容。建设单位拟配置 2 个铅罐暂存放射性固废，并做好登记记录和台账管理。本项目放射性固废的处置要求见表 10-7。

表 10-7 放射性固废处置要求

| 核素分类                  | 最低暂存时长要求      | 解控标准及处置方式                                                                                                        | 执行依据                                                                             |
|-----------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 半衰期大于 48 小时的核素        | 核素最长半衰期的 10 倍 | 经监测，辐射剂量率达到所处环境本底水平，且 $\alpha$ 表面污染 $< 0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染 $< 0.8\text{Bq/cm}^2$ 时，可清洁解控并按医疗废物处理； | 《核医学辐射防护与<br>安全要求》<br>(HJ1188-2021)、《电<br>离辐射防护与辐射源<br>安全基本标准》<br>(GB18871-2002) |
| 含 $^{131}\text{I}$ 核素 | 180 天         |                                                                                                                  |                                                                                  |
| 不可解控的长半衰期放射性废物        | /             | 交由具备相应资质的单位处置                                                                                                    |                                                                                  |

### 10.2.4 其他“三废”处理措施

本项目放射性核素核素库拟采用机械排风系统排风，保证工作场所内有良好的通风。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

**表 11 生态环境影响分析**

## **11.1 建设阶段对环境的影响**

### **11.1.1 施工阶段环境影响简要分析**

项目建设阶段内容主要为放射性核素暂存库及配套用房的建设与防护装修，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。

#### **(1) 废气影响分析及污染防治措施**

施工过程中会产生扬尘，主要是防护装修过程中产生的扬尘。公司应加强施工区域管理，对施工场地采取围挡措施。施工时采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境和公众的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应及时清理，以免对患者和公司工作人员造成不便。

#### **(2) 废水影响分析及污染防治措施**

施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，可依托厂区内现有生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。采取以上措施后，在施工中可大量减少地表水污染，对环境的影响是可以接受的。

#### **(3) 噪声影响分析及污染防治措施**

本项目工程量小，且施工期间产生的噪声具有阶段性、临时性和声源不固定性，因此，只要施工单位采取有效的噪声污染防治措施，本项目施工期间对周围声环境产生的影响可减小到最低程度。

为减小施工期间对周围环境的噪声影响，施工单位应做到以下几点：场外运输作业尽量安排在白天进行；尽可能选取噪声低、振动小、能耗小的设备；保持设备处于正常工况，减小噪声的排放；加强施工区内动力设备管理，将机械设置在临时作业场所内，使较强声源尽可能远离周围建筑物。

#### **(4) 固体废弃物影响分析及污染防治措施**

建设过程中产生的装修垃圾堆放在指定的地点，严禁随意堆放和倾倒。施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

综上所述，本项目施工范围较小，在公司的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

## **11.2 运行阶段对环境的影响**

### **11.2.1a 射线辐射环境影响分析**

本项目  $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$  核素为  $\alpha$  衰变，在衰变过程中会产生  $\alpha$  粒子。由于  $\alpha$  粒子的体积比较大，又带两个正电荷，很容易就可以电离其他物质。因此，它的能量亦散失得较快，穿透能力在众多电离辐射中是最弱的，人类的皮肤或一张纸已能隔阻  $\alpha$  粒子，本项目辐射工作人员只要戴上手套等防护用品，就能达到防护要求，放射性核  $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{227}\text{Th}$  货包的屏蔽材料均不低于 10mm 铅，因此不考虑其对人体的外照射辐射影响。

11.2.2β 射线辐射环境影响分析

本项目  $^{32}\text{P}$ 、 $^{33}\text{P}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液、 $^{99}\text{Mo}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )核素为纯  $\beta$  衰变，在衰变过程中仅产生  $\beta$  射线， $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  子体存在  $\beta$  衰变。综合考虑各核素的实际日最大操作量和各核素发射主要射线能量最大值，以上核素中  $^{90}\text{Y}$  发射的纯  $\beta$  射线能量最大，故本次评价将选用  $^{90}\text{Y}$ （单个货包中核素活度  $3.70\times10^{10}\text{Bq}$ ，主要能量为 2.288MeV）来保守估算  $\beta$  射线和  $\beta$  射线产生韧致辐射生态环境影响。

①β 射线

根据《放射防护实用手册》（主编：赵兰才、张丹枫）， $\beta$  射线在空气中的射程按公式（11-1）计算，计算结果见表 11-1。

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{Max} \quad \text{式（11-1）}$$

式中：d：  $\beta$  射线在介质中射程，cm；

$\rho$ ：介质的密度，g/cm<sup>3</sup>；空气密度取  $1.29\times10^{-3}\text{g/cm}^3$ ，砖的密度取  $1.65\text{g/cm}^3$ ，混凝土密度取  $2.35\text{g/cm}^3$ ，铅密度取  $11.34\text{g/cm}^3$ ，硫酸钡涂料密度取值  $3.2\text{g/cm}^3$ 。

$E_{Max}$ ：  $\beta$  射线的最大能量，MeV。

表 11-1 核素衰变产生的  $\beta$  射线在各介质中的理论最大射程

| 核素                | $^{90}\text{Y}$ |
|-------------------|-----------------|
| $\beta$ 射线能量（MeV） | 2.288           |
| 空气中的射程（cm）        | 886.82          |
| 实心砖墙中的射程（cm）      | 0.69            |
| 混凝土中的射程（cm）       | 0.49            |
| 铅中的射程（cm）         | 0.10            |
| 硫酸钡涂料中的射程（cm）     | 0.36            |

由上表可知，核素衰变产生的  $\beta$  射线在铅、实心砖墙、硫酸钡涂料等材质中射程有限。经计算，上述核素中  $^{90}\text{Y}$  在铅中射程最远为 0.1cm、在实心砖墙中射程最远为 0.69cm、在硫酸钡涂料中最远射程为 0.36cm。上述核素货包的屏蔽材料不低于 10mm 铅，通过货包屏蔽、铅防护桶屏蔽、工作人员个人防护、辐射工作场所屏蔽，本项目放射性核素暂存库贮存放射性核素衰

变产生的 β 射线对辐射环境影响很小。

②β 射线产生轫致辐射

屏蔽强 β 粒子的高原子序数材料会产生轫致辐射。根据《辐射防护导论》（方杰）中“第三节 β 粒子所致轫致辐射的屏蔽计算”，选取其中的“公式 4.21”进行剂量估算。本项目按照单个货包最大活度及能量综合考虑，选取影响最大的 <sup>90</sup>Y 放射性核素货包进行计算。

β 粒子穿过物质尤其是高 Z 物质时会产生轫致辐射，相对于 β 粒子的影响轫致辐射对环境和人员的影响更大。根据《辐射防护导论》，轫致辐射采用下式进行计算，屏蔽计算时，Gy 和 Sv 转化保守按 1：1 考虑。

$$H_r = 4.58 \times 10^{-14} A \cdot Z_e \cdot \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \cdot q \cdot \eta \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

H<sub>r</sub>——距离屏蔽层源 r 米处的辐射剂量率，Gy/h；

r——参考点与屏蔽层的距离，m；

A——放射源活度，Bq，本项目按照单个 <sup>90</sup>Y 放射性核素货包最大活度考虑，即 3.7E+10Bq；

Z<sub>e</sub>——屏蔽材料的有效原子序数，取自《辐射防护导论》表 4.4，本项目取 5.85；

E<sub>b</sub>——轫致辐射的平均能量 E<sub>b</sub> 是入射 β 粒子的最大能量的 1/3，即 E<sub>b</sub>=E<sub>max</sub>/3，<sup>90</sup>Y 取 0.763MeV；

μ<sub>en</sub>/ρ——平均能量为 E<sub>b</sub> 的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数，m<sup>2</sup>/kg，取自《辐射防护导论》附表 1，<sup>90</sup>Y 取 2.787×10<sup>-3</sup>；

q——参考点所在区域相应的居留因子，本项目保守取 1；

η——透射比。

$$\eta = 10^{-(X/TVL)} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

X——屏蔽厚度，mm；

TVL——什值层，mm，取自《辐射防护导论》表 3.5，<sup>90</sup>Y 在铅中取值 2.52cm。

表 11-2 本项目工作场所轫致辐射剂量率估算

| 位置        | 源活度（Bq） | E <sub>b</sub> （MeV） | 距离 r（m） | 屏蔽厚度   | η       | 辐射剂量率（μGy/h） |
|-----------|---------|----------------------|---------|--------|---------|--------------|
| 辐射工作人员检测时 | 3.7E+10 | 0.763                | 0.3     | 10mm 铅 | 1.1E-04 | 2.0E-03      |
| 货包外表面     | 3.7E+10 | 0.763                | 0.05    | 10mm 铅 | 1.1E-04 | 7.1E-01      |

由上表估算结果可知，单个 <sup>90</sup>Y 放射性核素货包产生的轫致辐射在辐射工作人员检测时的

辐射剂量率为 2.0E-03μGy/h，在货包外表面的辐射剂量率为 7.1E-01μGy/h。

### 11.2.3α、β 表面污染环境影响分析

α、β 表面污染的影响主要来源于事故状态下，放射性物质逸出或飞散在操作台、地板、墙壁、个人防护用品等表面，对职业人员和公众造成辐射影响，因此，为了使本项目非密封放射性物质工作场所的 α、β 表面污染水平达到 GB18871-2002 规定的要求，建设单位应做到以下防护措施：

①放射性同位素的贮存、管理人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；

②不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作；

③放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污；

④放射性核素货包应及时存放在放射性核素暂存间托盘上，需防盗、防火、防水、柜外应有电离辐射标志；

⑤如 α、β 表面污染水平超过 GB18871-2002 规定值，建设单位应暂停开展放射性核素暂存库的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务，同时辐射工作人员出现手、皮肤、内衣、工作袜等出现污染情况(α 表面污染水平超过 0.04Bq/cm<sup>2</sup>,β 表面污染水平超过 0.4Bq/cm<sup>2</sup>)需及时进行去污操作并暂停放射性物质操作评估其受照射剂量，并根据评估结果采取下一步措施（调整工作或接受治疗等）。

### 11.2.4γ 射线辐射环境影响分析

根据建设单位提供的资料，建设单位拟贮存与销售的放射性核素货包包装分级为 I 级（白）水平或 II 级（黄）水平，对于暂存库内暂存的放射性核素货包外表面辐射剂量率（包含放射性核素产生的 β 射线及其韧致辐射、γ 射线等辐射影响），保守按照 II 级（黄）等级最大值 0.5mSv/h，即 500μSv/h 考虑（且根据前文计算，本项目涉及的纯 β 核放射性核素货包外表面辐射剂量率为 0.7μSv/h（μSv/h 与 μGy/h 转换系数取 1），小于 500μSv/h）。因此本报告在下文辐射环境影响中，对本项目所有放射性核素货包外表面辐射剂量率均保守按照 500μSv/h 考虑。

#### （1）公式的选取

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），辐射剂量率估算公式为：

$$H=A\cdot\Gamma\cdot R^{-2}\cdot 10^{-(X/TVL)} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

$H$ ——屏蔽体外关注点剂量率，单位为 μSv/h；

$A$ ——放射性核素的活度，单位为 MBq；  
 $\Gamma$ ——距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ；  
 $R$ ——参考点与放射源间的距离，单位为 m；  
 $X$ ——屏蔽厚度，单位为 mm；  
 $TVL$ —— $\gamma$  射线的十分之一值层厚度，单位为 mm。

由于本项目放射性核素货包外表面辐射剂量率最大值已经确定，对于本项目所涉及不同核素的辐射剂量率估算见下式。

$$H = 10^{-X/TVL} \times \frac{H_0 \times R_0^2}{R^2} \quad (\text{式 11-5})$$

式中：  
 $H$ ——屏蔽体外关注点剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ；  
 $H_0$ ——辐射源外  $R_0$  处的空气比释动能率；  
 $R_0$ ——空气比释动能率为  $H_0$  时，所处位置距离辐射源的距离，外表面的距离选 0.05m；  
 $R$ ——屏蔽体外目标点到辐射源体中心点的直线距离，m  
 $X$ ——屏蔽厚度，单位为 mm；  
 $TVL$ —— $\gamma$  射线的十分之一值层厚度，单位为 mm。

(2) 参数的选取

① 什值层参数的选择

本项目  $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{125}\text{I}$ （液态）、 $^{125}\text{I}$ （粒籽源）、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{186}\text{Re}$ 、 $^{201}\text{Tl}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{227}\text{Th}$  等核素在衰变过程中产生  $\gamma$  射线，按照Ⅱ级（黄）货包外表面任一点剂量率最大为  $500\mu\text{Sv/h}$  考虑，货包外辐射剂量率主要来源为  $\gamma$  射线，关注点剂量率大小的决定因素在于什值层，考虑其中  $^{89}\text{Zr}$  的  $\gamma$  辐射能量最大，为 0.909MeV，因此保守考虑各货包均按照  $^{89}\text{Zr}$  参数来计算  $\gamma$  辐射影响。

表 11-3  $^{89}\text{Zr}$  计算参数一览表

| 核素<br>种类         | TVL, mm                   |                             |                             |                               |
|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
|                  | 铅（11.3g/cm <sup>3</sup> ） | 实心砖（1.65g/cm <sup>3</sup> ） | 混凝土（2.35g/cm <sup>3</sup> ） | 硫酸钡涂料（2.79g/cm <sup>3</sup> ） |
| $^{89}\text{Zr}$ | 35                        | /                           | 260                         | /                             |

注： $^{89}\text{Zr}$ （能量 0.909MeV）的铅和混凝土 TVL 值取自 NCRP151 号报告附录 A 图 A.1a（P158）。

② 源项参数的确定

本项目放射性核素暂存间最多放置 12 个运输钢桶，放置于暂存区托盘上。此处保守将多个运输钢桶等效为一个点源，该等效点源水平方向按货架中心点考虑，垂直方向等效点源离地按

0.7m 考虑；每个货包外表面任一点最大辐射剂量率为  $500\mu\text{Sv/h}$ ，源强共为  $6000\mu\text{Sv/h}$ ，外表面任一点距货包的距离按 0.05m 考虑。

放射性核素暂存间设置有 2 个铅桶，每个铅桶最大可放 2 个货包，2 个铅桶等效为一个点源，该等效点源水平方向按 2 个铅桶中心点考虑，垂直方向等效点源离地按 0.7m 考虑；每个货包外表面任一点最大辐射剂量率为  $500\mu\text{Sv/h}$ ，源强共为  $2000\mu\text{Sv/h}$ ，外表面任一点距货包的距离按 0.05m 考虑。

### (3) 关注点位的选取

本项目放射性核素暂存库共选取了 12 个关注点，关注点位如图 11-1 和图 11-2 所示。

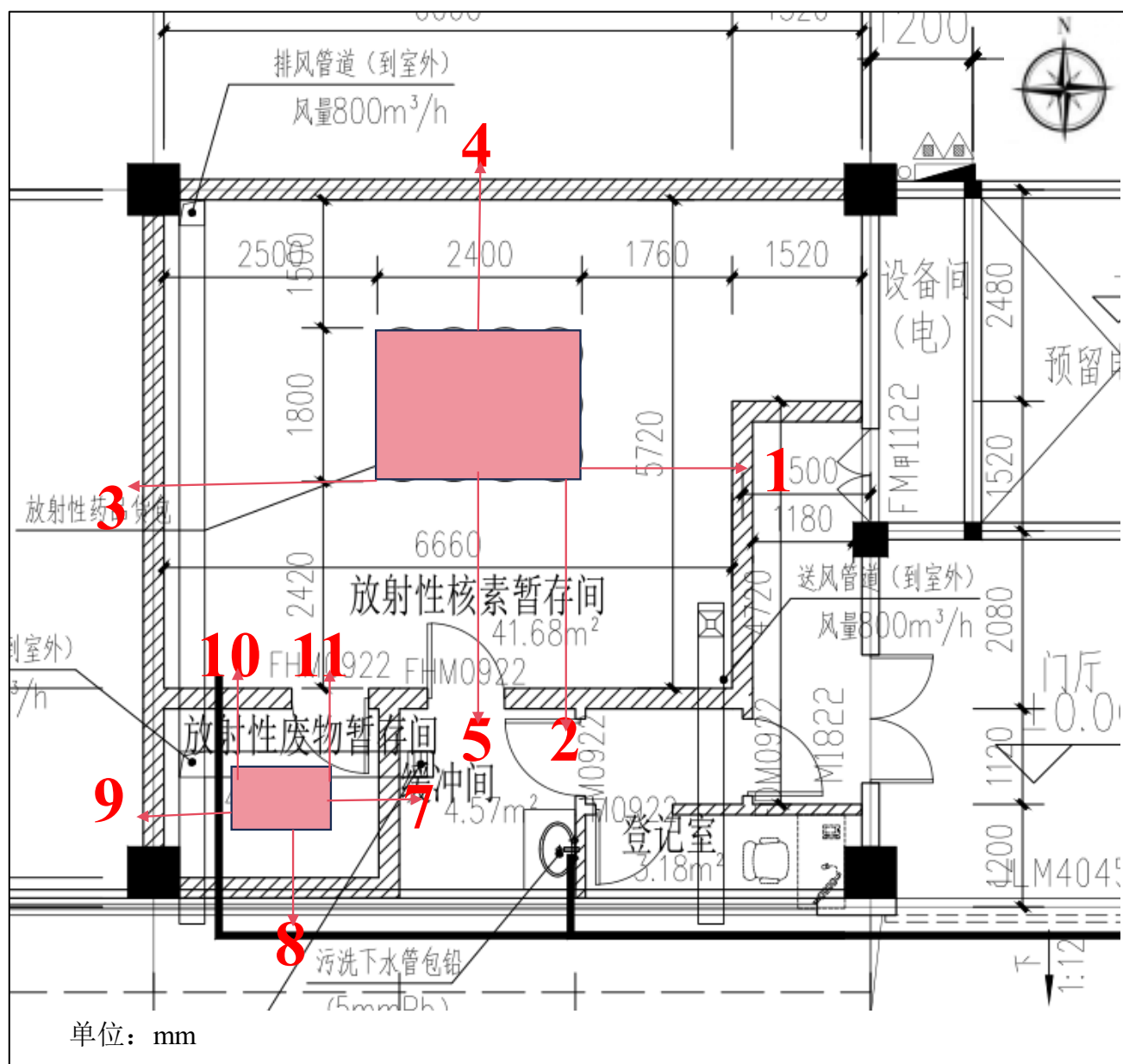


图 11-1 本项目放射性核素暂存库平面布局关注点位示意图

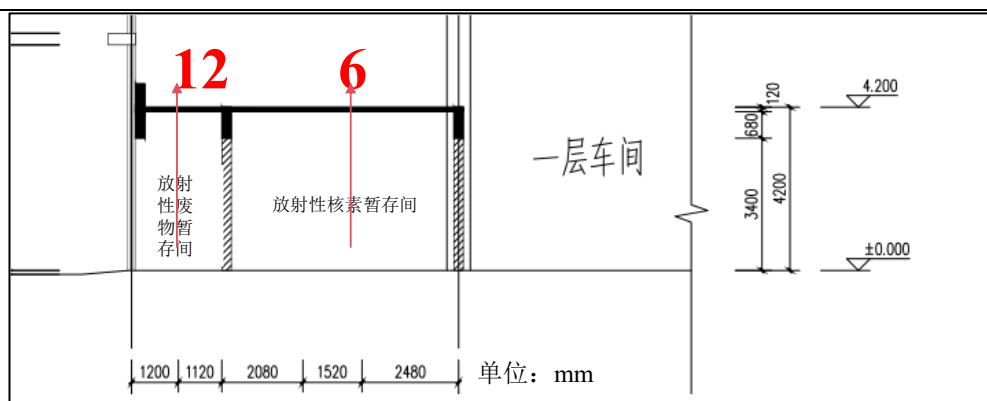


图 11-2 本项目放射性核素暂存库剖面布局关注点位示意图

#### (4) 辐射剂量率的计算

各个关注点的辐射剂量率预测结果见表 11-4，辐射工作人员货包搬运、货包监测与日常巡检的辐射剂量率预测结果见表 11-5。

表 11-3 本项目放射性核素暂存库关注点的辐射剂量率预测结果

| 关注点                  |     |               | 源强 (μSv/h) 货包<br>外表面 0.05m 处 | 距离 r<br>(m) | 防护情况                                       | 屏蔽透射<br>因子 B | 预测结果<br>(μSv/h) |
|----------------------|-----|---------------|------------------------------|-------------|--------------------------------------------|--------------|-----------------|
| 放射性<br>核素<br>暂存<br>间 | 1#  | 东侧防护墙外 30cm 处 | 6000                         | 2.0         | 240mm 实心砖<br>+30mm 硫酸钡<br>涂料               | 1.57E-01     | 5.89E-01        |
|                      | 2#  | 南侧防护墙外 30cm 处 | 6000                         | 2.7         |                                            | 1.57E-01     | 3.23E-01        |
|                      | 3#  | 西侧防护墙外 30cm 处 | 6000                         | 2.8         |                                            | 1.57E-01     | 3.01E-01        |
|                      | 4#  | 北侧防护墙外 30cm 处 | 6000                         | 1.8         |                                            | 1.57E-01     | 7.27E-01        |
|                      | 5#  | 防护门外 30cm 处   | 6000                         | 2.7         | 5mmPb 铅门                                   | 7.20E-01     | 1.48E+00        |
|                      | 6#  | 顶棚上方 30cm 处   | 6000                         | 3.4         | 120mm 混凝土<br>+30mm 硫酸钡<br>涂料               | 2.40E-01     | 3.12E-01        |
| 放射性<br>废物<br>暂存<br>间 | 7#  | 东侧防护墙外 30cm 处 | 2000                         | 1.6         | 10mmPb 铅桶<br>+240mm 实心<br>砖+30mm 硫酸<br>钡涂料 | 8.14E-02     | 1.59E-01        |
|                      | 8#  | 南侧防护墙外 30cm 处 | 2000                         | 1.4         |                                            | 8.14E-02     | 2.08E-01        |
|                      | 9#  | 西侧防护墙外 30cm 处 | 2000                         | 1.6         |                                            | 8.14E-02     | 1.59E-01        |
|                      | 10# | 北侧防护墙外 30cm 处 | 2000                         | 1.4         |                                            | 8.14E-02     | 2.08E-01        |
|                      | 11# | 防护门外 30cm 处   | 2000                         | 1.4         | 10mmPb 铅桶<br>+5mmPb 铅防<br>护门               | 3.73E-01     | 9.51E-01        |
|                      | 12# | 顶棚上方 30cm 处   | 2000                         | 3.4         | 10mmPb 铅桶<br>+120mm 混凝<br>土+30mm 硫酸<br>钡涂料 | 1.24E-01     | 5.38E-02        |

注：1、根据《辐射防护导论》，将  $\gamma$  射线减弱一定程度所需物质厚度  $d$  与物质的密度  $\rho$  成反比关系 ( $d_1/d_2=\rho_2/\rho_1$ )。本项目拟使用的混凝土的密度为  $2.35\text{t/m}^3$ ，实心砖的密度为  $1.65\text{t/m}^3$ ，硫酸钡涂料的密度为  $3.2\text{t/m}^3$ ，预测时将混凝土实心砖和硫酸钡涂料的厚度折合为混凝土厚度。240mm 实心砖厚度折算成混凝土厚度为： $(1.65/2.35) \times 240=168.5$  (mm)；30mm 硫酸钡涂料折算成混凝土厚度为： $(3.2/2.35) \times 30=40.8$  (mm)。

上述关注点位保守考虑剂量率叠加情况，5#点位与 7#点位剂量率叠加后为  $1.64\mu\text{Sv/h}$ ，6#点位与 12#点位剂量率叠加后为  $0.36\mu\text{Sv/h}$ 。

根据上表的计算结果，本项目辐射工作场所周边辐射剂量率最大为  $1.69\mu\text{Sv/h}$ 。本项目距放

射性核素暂存间和放射性废物暂存间墙体外、防护门外、顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h。故本项目放射性核素暂存库关注点剂量率满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）5.3.1 中“在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25μSv/h，宜不大于 2.5μSv/h”的要求。同时满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 6.1.5 中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h”的要求。

表 11-4 本项目辐射工作人员的辐射剂量率预测结果

| 工作内容 | 源强（μSv/h） | r <sub>0</sub> （m） | 距离 r（m） | 预测结果（μSv/h） |
|------|-----------|--------------------|---------|-------------|
| 货包搬运 | 2.00E+03  | 0.05               | 1.5     | 2.20E+00    |
| 货包检测 | 5.00E+02  | 0.05               | 0.3     | 1.39E+01    |

注：1、一次搬运最多运送四个运输钢桶；  
2、搬运和货包检测过程中保守不考虑铅衣的屏蔽。

### （5）年有效剂量估算

建设单位拟配置 2 名辐射工作人员负责暂存库的工作，本项目辐射工作人员工作时间详见表 9-1。

关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff} = D_r \times t \times T \times U \quad \text{式（11-6）}$$

式中：

$D_{Eff}$ ：辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

$D_r$ ：辐射剂量率，Sv/h；

$t$ ：年工作时间，h；

$T$ ：居留因子；

$U$ ：使用因子，放射性核素以点源考虑， $U$  取 1。

本项目的居留因子选取参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求，具体数值见表 11-5，计算结果见表 11-6。

表 11-5 不同场所的居留因子

| 场所  | 居留因子（T） |    | 示例                                                             |
|-----|---------|----|----------------------------------------------------------------|
|     | 典型值     | 范围 |                                                                |
| 全居留 | 1       | 1  | 管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建 |

|      |      |          |                                                                                                                                                          |
|------|------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |      |          | 筑中的驻留区。                                                                                                                                                  |
| 部分居留 | 1/4  | 1/2~1/5  | 1/2: 与屏蔽室相邻的患者检查室<br>1/5: 走廊、工作人员休息室                                                                                                                     |
| 偶然居留 | 1/16 | 1/8~1/40 | 1/8: 各治疗机房房门外 30cm 处、相邻的（共用屏蔽墙）放射诊疗机房<br>1/20<br>1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室<br>1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯 |

表 11-6 本项目辐射工作人员年有效剂量估算

| 人员类型 | 工作内容   | 辐射剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 居留因子 | 年工作时间 (h) | 年有效剂量 (mSv) |           |
|------|--------|---------------------------|------|-----------|-------------|-----------|
| 管理员  | 日常巡检   | 1.64E+00                  | 1    | 125       | 2.05E-01    | 2.42.E+00 |
|      | 货包搬运   | 2.20E+00                  | 1    | 58.3      | 1.28E-01    |           |
|      | 货包检测   | 1.39E+01                  | 1    | 150       | 2.09E+00    |           |
|      | 过期货包搬运 | 2.20E+00                  | 1    | 0.1       | 2.20E-04    |           |
| 安全员  | 货包搬运   | 2.20E+00                  | 1    | 58.3      | 1.28E-01    | 2.24E+00  |
|      | 货包检测   | 1.39E+01                  | 1    | 150       | 2.09E+00    |           |
|      | 过期货包搬运 | 2.20E+00                  | 1    | 0.1       | 2.20E-04    |           |

根据表 11-6 预测的各关注点处辐射剂量率，结合本项目周围公众情况、关注点处人员居留因子等参数，由式 11-2 计算即可得到本项目周围公众的年有效剂量，见表 11-7。

表 11-7 本项目周围公众年有效剂量估算

| 保护目标（居留因子）              | 关注点及剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 源点到关注点的距离 (m) | 源点到保护目标最近距离 (m) | 保护目标处辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 年受照时间 (h) | 年有效剂量 (mSv) |
|-------------------------|------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------------|-----------|-------------|
| 门厅 (1/16)               | 5.89E-01                     | 2.0           | 2.5             | 3.77E-01                        | 2000      | 4.81E-02    |
|                         | 1.59E-01                     | 1.6           | 7.1             | 8.07E-03                        | 2000      |             |
| 10#楼梯 (1/16)            | 5.89E-01                     | 2.0           | 9.7             | 2.50E-02                        | 2000      | 3.38E-03    |
|                         | 1.59E-01                     | 1.6           | 14.3            | 1.99E-03                        | 2000      |             |
| 厂区内道路 (1/16)            | 5.89E-01                     | 2.0           | 17.7            | 7.52E-03                        | 2000      | 1.04E-03    |
|                         | 1.59E-01                     | 1.6           | 22.3            | 8.19E-04                        | 2000      |             |
| 浙江景融核科技有限公司 (1/4)       | 5.89E-01                     | 2.0           | 26.7            | 3.30E-03                        | 2000      | 7.44E-03    |
|                         | 1.59E-01                     | 1.6           | 31.3            | 4.15E-04                        | 2000      |             |
| 厂区内道路 (1/16)            | 3.23E-01                     | 2.7           | 4.4             | 1.22E-01                        | 2000      | 4.12E-02    |
|                         | 2.08E-01                     | 1.4           | 1.4             | 2.08E-01                        | 2000      |             |
| 海盐加美五金科技有限公司 (1/4)      | 3.23E-01                     | 2.7           | 18.4            | 6.95E-03                        | 2000      | 1.71E-02    |
|                         | 2.08E-01                     | 1.4           | 16.1            | 1.57E-03                        | 2000      |             |
| 海盐核医通医药科技有限公司拟建址 (1/16) | 3.01E-01                     | 2.8           | 7.0             | 4.82E-02                        | 2000      | 2.82E-02    |
|                         | 1.59E-01                     | 1.6           | 7.0             | 8.31E-03                        | 2000      |             |
| 探原检测（嘉兴）有限责任公           | 3.01E-01                     | 2.8           | 22.5            | 4.66E-03                        | 2000      | 2.78E-02    |
|                         | 1.59E-01                     | 1.6           | 21.3            | 8.97E-04                        | 2000      |             |

|                        |          |     |      |          |      |          |
|------------------------|----------|-----|------|----------|------|----------|
| 司拟建址 (1/16)            |          |     |      |          |      |          |
| 门厅 (1/16)              | 3.01E-01 | 2.8 | 42.5 | 1.31E-03 | 2000 | 1.93E-04 |
|                        | 1.59E-01 | 1.6 | 41.3 | 2.39E-04 | 2000 |          |
| 9#楼梯 (1/16)            | 3.01E-01 | 2.8 | 47.5 | 1.05E-03 | 2000 | 1.54E-04 |
|                        | 1.59E-01 | 1.6 | 46.3 | 1.90E-04 | 2000 |          |
| 闲置场地 (1/4)             | 7.27E-01 | 1.8 | 6.8  | 5.09E-02 | 2000 | 2.86E-02 |
|                        | 2.08E-01 | 1.4 | 8.1  | 6.21E-03 | 2000 |          |
| 离原科技拟建址 (1/4)          | 7.27E-01 | 1.8 | 18.5 | 6.88E-03 | 2000 | 3.79E-03 |
|                        | 2.08E-01 | 1.4 | 24.1 | 7.02E-04 | 2000 |          |
| 嘉兴秦拓医药科技有限公司拟建址 (1/16) | 7.27E-01 | 1.8 | 31.5 | 2.37E-03 | 2000 | 1.34E-03 |
|                        | 2.08E-01 | 1.4 | 37.1 | 2.96E-04 | 2000 |          |
| 二层闲置厂房 (1/4)           | 3.12E-01 | 3.4 | 8    | 5.64E-02 | 2000 | 3.30E-02 |
|                        | 5.38E-02 | 3.4 | 8    | 9.72E-03 | 2000 |          |
| 三层闲置厂房 (1/4)           | 3.12E-01 | 3.4 | 11   | 2.98E-02 | 2000 | 1.75E-02 |
|                        | 5.38E-02 | 3.4 | 11   | 5.14E-03 | 2000 |          |
| 四层闲置厂房 (1/4)           | 3.60E-01 | 3.4 | 16   | 1.63E-02 | 2000 | 9.34E-03 |
|                        | 5.38E-02 | 3.4 | 16   | 2.43E-03 | 2000 |          |

注：1、公众人员受照时间以每天工作 8 小时，每年工作 250 天计算，合计 2000h/a。

2、公众人员有效剂量计算考虑放射性核素暂存间和放射性废物暂存间的叠加影响。

3、各关注点的剂量率根据剂量率与距离平方成反比的关系计算得出。

4、本项目只有在极端天气或核素运输道路封闭等特殊情况下才会进行放射性核素货包暂存，实际销售时此类情况出现及少，因此居留因子取值时保守按照 1/4 和 1/16 进行。

根据表 11-6、表 11-7 的估算结果可知，本项目辐射工作人员受照年有效剂量最大为 2.42mSv，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求；本项目放射性核素暂存库所致公众人员受照年有效剂量最大为 0.0748mSv，满足公众人员剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求。根据剂量率与距离平方成反比的关系，距离放射性核素暂存库越远，辐射剂量率越低，放射性核素暂存库附近公众受照剂量满足要求，因此放射性核素暂存库评价范围 50m 范围内其他公众人员受照剂量也能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的剂量限值 1mSv/a 和本项目目标管理值 0.1mSv/a 的要求。

## （6）“三废”影响分析

### ①放射性废气影响分析

本项目放射性核素暂存库拟设置 1 套送风系统和 1 套排风系统。送风系统管道走向为室外到放射性核素暂存间，设计送风量为 800m<sup>3</sup>/h，直径为 300mm，穿墙口 500mm 范围内采用 5mmPb 铅屏蔽补偿。排风系统管道连接放射性核素暂存间、放射性废物暂存间、缓冲间，为放射性废物暂存间、缓冲间设置一排风量为 100m<sup>3</sup>/h 的风机，为放射性核素暂存间设置一排风量为 800m<sup>3</sup>/h 的风机。排风系统管道直径为 300mm，穿墙口 500mm 范围内采用 5mmPb 铅屏蔽补偿。排风管道拟从暂存库南侧墙体穿出，最终在厂房楼顶并高出屋脊 3m 排放，排风管道内保持负压并安装防回流装置。本项目工作场所的气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设

计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时，会产生少量的放射性气溶胶废气。本项目拟使用的活性炭过滤器对空气中气溶胶进行吸附，吸附效率可至少达到 99%。为保证过滤效率的有效性，建设单位拟根据设备特性定期进行过滤器维护，每半年对过滤器的过滤效率进行校核，如果有必要每半年进行一次更换，以防止过滤器失效，造成放射性污染事故，且更换下的过滤器作为放射性固废进行管理和处理，解控后需作为一般废物进行管理和处理。活性炭 1 次装量约 5kg，发生事故时更换，一年保守估计更换 2 次，则每年产生废活性炭约 10kg。

本性项目管道布置合理，气流排向正确，拟设置的排气口高于所在楼屋顶，且远离邻近的高层建筑物（本项目周边无高层建筑物），拟设置活性炭过滤装置，符合要求。

### ②放射性废水影响分析

本项目暂存库贮存放射性核素货包过程中建设单位不打开放射性核素货包，不涉及放射性核素操作，不会产生放射性废液。建设单位拟在缓冲间污洗区域设置一处铅罐收集事故状态下洗手产生的放射性废水，保守考虑辐射工作人员特殊情况下洗手去污废水量为 3L/次，最大去污频次为 2 次/年，则每年事故工况下应急去污产生的放射性废水不超过 6L。本项目铅罐设计容积为 10L，可以满足收集需求。放射性废液的暂存和处理拟安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、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。放射性废水收集在缓冲间定期委托有资质单位处置。

### ③放射性固废影响分析

建设单位拟将“过期”的放射性核素货包送交厂家处理，及时将事故工况下产生的放射性固废转移至放射性废物暂存间的铅桶内进行衰变，事故工况下产生的放射性固废需装入专用废物袋后再放入铅桶，铅桶外表面显著位置要标明废物类型、收贮时间、核素种类及数量等内容。建设单位拟配置 2 个铅桶，并做好登记记录和台账管理。含核素  $^{131}\text{I}$  的暂存时间超过 180 天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha < 0.08\text{Bq/cm}^2$ ； $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq/cm}^2$  的，可对其清洁解控并作为医疗废物处理；不能解控的长半衰期放射性废物交有资质单位处置。

放射性货包可通过旋钮和密封圈将顶盖和罐体进行密封，可防止西林瓶/安瓿瓶破裂后，放射性核素泄漏。因此及时发生货包倾倒、受到冲击等事故情况下产生放射性污染也较少，通过去污收集后使用铅桶屏蔽可以将放射性核素暂存库周围辐射影响降低至可接受的范围内。因此，通过上述措施，放射性固废可以妥善处置，对周围环境造成的影响很小。

### (7) 非放射性污染物影响分析

本项目放射性核素暂存库拟采用机械排风系统排风，保证工作场所内有良好的通风。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境的影响较小。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 可能发生的事故及处理措施

#### (1) 可能发生的辐射事故

- ①对工作场所管理不到位，无关人员进入放射性核素暂存库而受到不必要的外照射。
- ②建设单位保管不善，放射性核素货包被盗，流失到外环境，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射。
- ③管理人员在货包搬运过程中失手倾倒货包，造成局部放射性污染。
- ④送货人员运输器械操作不当/发生故障使得货包跌落受到冲击后破裂，造成局部放射性污染。

#### (2) 暂存库放射性核素货包放射性物质泄漏的处理

- ①如发生放射性核素货包放射性物质泄漏，应立即将放置泄漏货包的运输钢桶盖上桶盖，并立即封锁现场。
- ②立即启动辐射事故处理应急预案。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组，同时在事故发生后的 2 小时内报告生态环境主管部门和公安部门。
- ③确定发生污染的货包中核素源项名称、数量、剂量和放射性强度等。
- ④做好警示标识，及时隔离及限制污染现场。
- ⑤及时采取去污措施，尽量将放射性核素转移至放射性固体废物，如：迅速用吸附衬垫或滤纸吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。

$\alpha$  污染采用低雾化擦拭方式严控扬尘， $\beta$  污染采用中性去污剂逐级擦拭以降低表面吸附与残留， $\gamma$  污染严格遵循时间、距离、屏蔽防护原则开展远距离、短时段、轮换式去污作业，去污完成后使用  $\alpha/\beta$  表面污染监测仪多点检测，确保表面污染水平与环境剂量率均达到控制标准要求。

针对高毒、极毒放射性核素泄漏，处置人员需全程穿戴密闭式防护服、双层防护手套及全面罩呼吸器，设置隔离警戒区并严禁无防护人员进入，作业期间严格禁止饮水、进食、吸烟及触碰黏膜，全程采用轮换作业模式控制受照剂量；所有去污产生的固体废物与防护耗材统一收集至专用放射性废物容器并规范标识，按规定移交有资质单位处置，所有处置人员完成作业后

必须经全身  $\alpha/\beta/\gamma$  放射性表面污染监测与体表去污合格后方可离场，确保全过程满足辐射防护与环境保护相关要求。

### （3）放射性货包丢失被盗的应急处理

若发生放射性核素丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

### 11.3.2 风险防范措施

为减少辐射事故的发生，公司需做好以下防范措施：

（1）凡涉及放射性核素的墙面及地面等，均采用易于去污及拆除的材质。

（2）放射性核素、放射性废物由专人管理。放射性核素暂存库实行双人双锁管理，控制区出入口设置双人双锁，控制区内各房间均设置监控。

（3）制定和完善放射性核素安全管理制度，在日常工作中，应设置专人负责放射性核素管理；放射性核素的入库和出库人进行登记，设立使用台账：建立放射性核素入库及出库台账。做好日常检查，防止放射性核素被盗、丢失。

建设单委托有资质的单位安排专用运输车运输放射性核素，对货包采取固定措施，在运输的常规条件下其在车辆内的位置保持不变；运输车辆采取实体防护措施，防止未经批准的人员在运输的常规条件下接近托运货物；运载期间，无任何装载或卸载作业，运输人员严格遵守公司规定，加强对放射性核素的管理，防止放射性核素被盗、丢失。制定完备的放射性核素转运规范及应急预案，确保转运过程的安全。

（4）加强放射性废物的管理，对储存的固体放射性废物在铅桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。

（5）辐射工作人员防护用品主要包括：工作服、工作鞋、帽等基本防护用品，以及防护衣、防护眼镜等放射防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴放射防护用品，个人计量仪佩戴于防护衣内部左胸前。在进行放射性核素出入库操作时穿防护衣、戴口罩、手套，必要时戴防护眼镜。专人负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。

（6）建设单位在接收放射性核素货包时，暂存库安全员会对货包表面污染水平以及辐射剂量率水平进行确认，确保放射性核素货包的完整性以及满足要求。在放射性货包搬运过程中轻拿轻放，确保放射性核素货包的安全。

（7）管理人员应定时核查暂存库监控记录，定时对暂存库周边进行巡逻，应在暂存库外围张贴相关文字和告示，告知风险情况。

**表 12 辐射安全管理**

### **12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，销售使用非密封放射性物质的单位应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

#### **12.1.1 机构设置情况**

此次为建设单位首次开展核技术利用项目，建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规，成立辐射安全与防护管理领导小组。管理领导小组职责应包括以下内容：

- （一）组织制定并落实辐射安全防护管理制度；
- （二）定期组织对放射工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；
- （三）组织本机构辐射工作人员接受专业技术，辐射防护知识及有关规定的培训和健康检查；
- （四）制定放射事故应急预案并组织演练；
- （五）记录本机构发生的放射事故并及时报告生态环境主管部门。在日常管理过程中，若辐射安全与防护管理领导小组成员发生变动，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

#### **12.1.2 辐射工作人员管理**

本项目拟新增 2 名辐射工作人员，其中管理员 1 名、安全员 1 名。对于辐射工作人员，公司应做好以下管理工作：

建设单位拟为本项目新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

在后续的个人剂量管理中，建设单位应强化管理、加强辐射工作人员的培训学习，个人剂量计应严格按照规定正确佩戴。当辐射工作人员季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，建设单位应进行调查，委托有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断工作场所屏蔽体是否处于有效屏蔽状态，并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人

员工作时间。

本次拟新增的 2 名辐射工作人员，均应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加“辐射安全管理”类的培训和集中考核，考核合格后方可上岗（考核成绩报告单有效期五年）

根据《放射工作人员职业健康管理辦法》第十一条第二款，公司应为辐射工作人员建立并终生保存个人剂量监测档案；根据《放射工作人员职业健康管理辦法》第二十七条，公司应为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。公司还应加强档案的信息化管理，确保档案记录准确、完整、可追溯。

12.2 辐射安全管理规章制度

为规范放射性核素全过程的安全管理，落实辐射安全主体责任，保障放射工作人员与公众健康安全，项目严格建立并执行辐射安全管理规章制度，明确辐射安全管理组织机构与专职管理人员职责，规范放射性核素采购、暂存、使用、转运及放射性废物处置流程，完善工作场所辐射防护、剂量监测、个人剂量管理、设备维护、人员培训考核、职业健康监护、辐射事故应急处置与报告等全流程管理要求，定期开展辐射安全与防护状况评估，确保各项辐射安全防护措施落实到位，有效防范辐射安全事故发生。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，销售和使用非密封放射性物质的单位应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射应急措施”。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

| 序号 | 项目 | 规定的制度         | 要点总结                                                                      | 落实情况 |
|----|----|---------------|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 综合 | 辐射安全与环境保护管理机构 | 依据相关法规要求设立专门机构，明确组织机构、职责分工、负责人及专职联络员，统筹辐射安全防护、环保管理、日常监督及对外报备等全部履职工作。      | 需成立  |
| 2  |    | 辐射工作场所安全管理规定  | 规范辐射工作场所分区管控、警示标识设置、人员准入及双人双锁，明确操作程序与现场防护要求，落实场所日常巡查，杜绝无关人员进入，保障工作场所辐射安全。 | 需制定  |
| 3  |    | 非密封放射性物质操作规程  | 明确辐射工作人员资质要求，细化操作流程与防护措施；规范非密封放射性物质操作步骤并落实剂量控制、污染防控与操作记录要求。               | 需制定  |
| 4  |    | 安保管理规定        | 建立辐射区域安保管控体系，明确防盗、防火、防泄漏等要求，落实日常巡查、值班值守制度，规范异常情况处置与应急联动，保障放射性物品安全。        | 需制定  |
| 5  |    | 去污操作规程        | 规范辐射污染表面、设备及场所的去污流程、操作方法与防护要求，明确去污后监测判定标准，做好去污记录归档，防止污染扩散与二次污染。           | 需制定  |

|    |    |                  |                                                                                   |     |
|----|----|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6  |    | 辐射安全和防护设施维护维修制度  | 明确防护设施定期检查、维护、维修、校准及更换要求，完整留存检修记录，保障辐射防护设施持续有效运行。                                 | 需制定 |
| 7  |    | 放射性“三废”管理规定      | 规范放射性废气、废液、固体废物分类收集、暂存、处置流程，建立处置台账，落实合规转移要求，严防无序排放造成环境污染。                         | 需制定 |
| 8  |    | 放射性核素货包出入库台账管理制度 | 严格执行货包出入库核验登记，记录核素种类、活度、型号、去向等信息，落实台账专人管理、交接与核查制度，确保账物相符、全程可追溯。                   | 需制定 |
| 9  | 监测 | 辐射工作场所监测方案       | 明确监测点位、项目、频次与方法，采用单位自主监测+资质单位年度监测相结合模式，妥善保存监测结果并定期上报生态环境主管部门。                     | 需制定 |
| 10 |    | 监测仪表使用与校验管理制度    | 规范监测仪器购置、使用、日常维护，明确定期检定/校验周期与有效期管理，建立仪器管理档案，保障监测数据准确可靠。                           | 需制定 |
| 11 | 人员 | 辐射工作人员培训/再培训管理制度 | 明确培训对象、内容、周期、方式及考核办法，涵盖法规标准、操作规范、防护与应急知识，落实培训档案管理，做到持证上岗、有据可查。                    | 需制定 |
| 12 |    | 辐射工作人员个人剂量管理制度   | 要求工作人员佩戴个人剂量计并定期送检，及时告知剂量结果，严控职业受照剂量；落实岗前监测与定期职业健康体检，建立并长期保存个人剂量与健康监护档案。          | 需制定 |
| 13 |    | 辐射工作人员岗位职责       | 明晰辐射工作人员岗位具体责任，实现责任层层落实，规范岗位履职行为，明确制度执行、隐患上报与责任追究要求。                              | 需制定 |
| 14 | 应急 | 辐射事故/事件应急预案      | 依据环发〔2006〕145号文成立应急领导小组，明确事故分级、处置程序、上报流程与联络方式，制定防护与控险措施；每年至少开展1次应急演练，编制演练计划并留存资料。 | 需制定 |

本项目为建设单位新开展销售、使用乙级非密封放射性物质的项目，项目运行后，建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，辐射工作人员应熟知规章制度内容，并根据国家发布的新的相关法规内容，结合本单位实际情况，及时对各规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

## 12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。公司须定期对辐射工作场所周围环境进行自主监测与年度监测，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。公司每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测。

### 12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，公司应为本项目放射性核素暂存库工作场所配备1台便携式X-γ射线巡测仪、2台个人剂量报警仪和1台α/β表面污染监测仪，每名辐射工作人员均配置1枚个人剂量计，并建立个人剂量档案。

### 12.3.2 个人剂量监测

公司应严格落实个人剂量监测（常规监测周期一般为 1 个月，最长不超过 3 个月）和职业健康检查（不少于 1 次/2 年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案交由专人保管。对于监测结果异常，应跟踪分析原因，优化实践行为。

### 12.3.3 场所环境监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素的单位须当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。

公司可委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底需向生态环境部门上报备案。监测计划见表 12-2。

表 12-2 监测方案

| 场所             | 监测内容            | 监测范围                                                       | 监测类别   | 监测频度                     |
|----------------|-----------------|------------------------------------------------------------|--------|--------------------------|
| 放射性核素暂存库辐射工作场所 | 周围剂量当量率         | 距墙体、防护门外表面 30cm；顶棚上方（楼上）地面 30cm；管道穿墙洞口 30cm 及门缝及周围需要关注的监督区 | 年度监测   | 1 次/年                    |
|                |                 |                                                            | 自主监测   | 不少于 1 次/季                |
|                |                 |                                                            | 验收监测   | 竣工验收                     |
|                | 周围剂量当量率、放射性表面污染 | 货包                                                         | 自主监测   | 每次入库与出库                  |
|                | 放射性表面污染         | 控制区地面和墙壁、铅桶表面和货包表面、工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等               | 年度监测   | 1 次/年                    |
|                |                 |                                                            | 自主监测   | 每次工作结束（出现放射性核素洒落应及时进行监测） |
|                |                 |                                                            | 验收监测   | 竣工验收                     |
|                | 周围剂量当量率、放射性表面污染 | 固废监测、放射性废物暂存间                                              | 年度监测   | 1 次/年                    |
|                |                 |                                                            | 常规排放   | 每次作为医疗废物由有资质单位统一回收处理时    |
|                | 个人剂量当量          | 所有辐射工作人员                                                   | 个人剂量检测 | 监测周期不超过三个月               |

监测质量保证：

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用的国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案；

④定期为辐射工作人员安排辐射环境监测培训。

此外，公司需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情

况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查

## 12.4 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中第十二条规定，公司应对本单位的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告，并在全中国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）进行网上申报。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （三）辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- （四）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （五）辐射事故及应急响应情况；
- （六）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （七）存在的安全隐患及其整改情况；
- （八）其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

## 12.5 辐射事故应急

### 12.5.1 事故应急响应机构与响应程序

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，公司应成立相应的辐射事故应急机构，制定辐射事故应急预案和负责本单位的放射事故应急管理工作，主要包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话；
- （6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并

在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

12.5.2 辐射事故应急培训和演练

建设单位应制定应急人员的培训和演习计划，定期组织辐射事故应急培训和演练，检验应急预案的可行性和有效性，提高工作人员应对突发辐射事故的能力。培训的主要内容包括法律法规、辐射防护、应急处理和应急响应程序等。针对非密封放射性物质的特点，还应包括熟悉去污程序和表面污染监测规程。演练前应做好前期宣传、演练记录等工作；演练内容应包括事故报告、人员疏散、现场救援、污染控制等方面，并对应急演练进行总结，演练计划、演练方案、演练脚本、演练评估和演练音像资料要及时归档备查。及时评估和验证辐射事故应急预案的可行性和有效性，提高辐射事故应急处理能力，并通过演练逐步完善应急预案，及时修订应急管理办法和响应程序。

12.6 竣工环保验收

公司应根据项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

验收期限一般不超过3个月。验收期限是指自建设项目环境保护设施竣工之日起至建设单位向社会公开验收报告之日止的时间。

表 12-3 竣工环保验收一览表

| 项目       | “三同时”措施                                                       | 验收要求                                              |
|----------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 辐射安全管理机构 | 设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作     | 建设单位拟成立辐射安全和防护管理领导小组，并将以文件形式明确辐射安全和防护管理领导小组的工作职责。 |
| 辐射安全措施   | 放射性核素暂存库辐射屏蔽防护建设                                              | 按照表 10-7 内容进行施工建设                                 |
|          | 双人双锁、视频监控系统、红外报警系统、电离辐射警告标志、电离辐射标志、固定式场所辐射探测报警装置等辐射安全设施、通风设施。 | 按照表 10.1.6 要求进行建设                                 |

|                   |                                                         |                                                                                                            |
|-------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | 工作场所表面污染防治                                              |                                                                                                            |
|                   | 货包的辐射屏蔽防护措施                                             |                                                                                                            |
| 人员<br>配备          | 本项目辐射工作人员拟参加辐射防护培训，均应取得成绩报告单。                           | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的管理要求。                                        |
|                   | 本项目辐射工作人员拟配置个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量监测档案。 | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。                                                  |
|                   | 本项目辐射工作人员均应定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立职业健康监护档案。            | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。                                                  |
| 监测仪器<br>和防护用<br>品 | 本项目共配备1台辐射巡测仪和1台表面污染监测仪，共配置2枚个人剂量计，2台个人剂量报警仪。           | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。                                                                        |
| 辐射安全<br>管理制度      | 建设单位应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度。            | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，销售和使用非密封放射性物质的单位应“建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台账管理制度和监测方案”。 |

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目工程概况

嘉兴核顺医疗科技有限公司拟租赁浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号同创一期厂房一层部分区域建设放射性核素暂存库，放射性核素暂存库共设有 1 处放射性核素暂存间、1 处放射性废物暂存间、1 处缓冲间、1 处前室和 1 处登记室，用于贮存和销售放射性核素的货包，不进行拆包、分装工作，每天最多储存 12 个放射性核素货包。建设单位拟代理销售  $^{18}\text{F}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{33}\text{P}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Cu}$ 、 $^{67}\text{Ga}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、钇[ $^{90}\text{Y}$ ]微球注射液、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{123}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ （液态）、 $^{125}\text{I}$ （粒籽源）、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{Xe}$ 、 $^{153}\text{Sm}$ 、 $^{161}\text{Tb}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{186}\text{Re}$ 、 $^{188}\text{Re}$ 、 $^{201}\text{Tl}$ 、 $^{203}\text{Pb}$ 、 $^{211}\text{At}$ 、 $^{212}\text{Pb}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ （液态）、 $^{225}\text{Ac}$ （固态）、 $^{227}\text{Th}$  共 34 种放射性核素和  $^{99}\text{Mo}$ （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）发生器、 $^{68}\text{Ge}$ （ $^{68}\text{Ga}$ ）发生器、 $^{82}\text{Sr}$ （ $^{82}\text{Rb}$ ）发生器，其中半衰期小于 48h 的放射性核素仅销售，不暂存。

#### 13.1.2 辐射安全与防护结论

（1）公司拟建的放射性核素暂存库的防护设计已考虑了其周边工作人员和公众的辐射安全，工作场所及周边周围剂量当量率均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求。

（2）项目拟采取的污染防治措施详见本报告表第 10 章节，均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求。

#### 13.1.3 生态环境影响分析结论

##### （1）主要污染因子

本项目放射性核素暂存库产生的主要污染因子是  $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线、韧致辐射、臭氧和氮氧化物等，以及事故工况下产生的放射性表面污染、放射性废水、放射性废气、放射性固废等。

##### （2）辐射剂量率影响预测结论

本项目辐射工作场所周边辐射剂量率能够满足在放射性核素暂存间和废弃放射性废物暂存间控制区外人员可达处，距放射性核素暂存间和废弃放射性废物暂存间墙体外 30cm 处、防护门外 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 30cm 处的周围剂量当量率控制水平均不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的要求。

### (3) 个人剂量影响预测结论

本项目辐射工作场所所致辐射工作人员受照年有效剂量均满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求; 本项目各辐射工作场所所致公众人员受照年有效剂量均满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。

### (4) “三废” 生态环境影响分析

#### ①放射性废气影响分析

放射性核素货包发生泄漏泼洒事故时, 会产生少量的放射性气溶胶废气。本项目拟使用的活性炭过滤器对空气中气溶胶进行吸附, 吸附效率可至少达到 99%。为保证过滤效率的有效性, 建设单位拟根据设备特性定期进行过滤器维护, 每半年对过滤器的过滤效率进行校核, 如果有必要每半年进行一次更换, 以防止过滤器失效, 造成放射性污染事故。

#### ②放射性废水影响分析

建设单位拟在缓冲间污洗区域设置一处铅罐收集事故状态下洗手产生的放射性废水, 保守考虑辐射工作人员特殊情况下洗手去污废水量为 3L/次, 最大去污频次为 2 次/年, 则每年事故工况下应急去污产生的放射性废水不超过 6L。本项目铅罐设计容积为 10L, 可以满足收集需求。放射性废液的暂存和处理拟安排专人负责, 并建立废物暂存和处理台账, 详细记录放射性废液所含的核素名称、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。放射性废水收集在缓冲间定期委托有资质单位处置。

#### ③放射性固废影响分析

建设单位拟将“过期”的放射性核素货包送交厂家处理, 及时将事故工况下产生的放射性固废转移至放射性核素暂存间的铅桶内进行衰变, 事故工况下产生的放射性固废需装入专用废物袋后再放入铅桶, 铅桶外表面显著位置要标明废物类型、收贮时间、核素种类及数量等内容。建设单位拟配置 2 个铅桶, 并做好登记记录和台账管理。暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍后; 含核素  $^{131}\text{I}$  的暂存时间超过 180 天后, 经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平,  $\alpha < 0.08\text{Bq/cm}^2$ ;  $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq/cm}^2$  的, 可对其清洁解控并作为医疗废物处理; 不能解控的长半衰期放射性废物交有资质单位处置。

放射性货包可通过旋钮和密封圈将顶盖和罐体进行密封, 可防止西林瓶/安瓿瓶破裂后, 放

射性核素泄漏。因此及时发生货包倾倒、受到冲击等事故情况下产生放射性污染也较少，通过去污收集后使用铅桶屏蔽可以将放射性核素暂存库周围辐射影响降低至可接受的范围内。因此，通过上述措施，放射性固废可以妥善处置，对周围环境造成的影响很小。

#### （5）非放射性污染物影响分析

本项目放射性核素暂存库拟采用机械排风系统排风，保证工作场所内有良好的通风。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

### 13.1.4 辐射安全管理结论

（1）公司需成立辐射工作管理领导小组，负责辐射安全与环境保护管理工作。公司应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前辐射防护安全管理要求。

（2）公司需对本项目新增辐射工作人员进行辐射防护知识培训。并对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测。

（3）公司在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射管理制度、落实辐射管理措施或设施、完善辐射工作人员管理的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

### 13.1.5 可行性分析结论

#### （1）规划符合性与选址合理性分析结论

本项目位于浙江省嘉兴市海盐县秦山街道金源东路 388 号同创一期厂房，用地性质为工业用地，符合土地利用规划要求，项目符合《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》和“三区三线”的要求，不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求。同时，本项目放射性核素暂存库评价范围内无居民和学校等环境敏感点。经辐射生态环境影响预测，采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众成员的辐射影响是可接受的。因此，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

#### （2）产业政策符合性分析结论

根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目的应用不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

#### （3）实践正当性分析结论

本项目的建设可以更好地满足浙江省及周边地区放射性核素的市场需求。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必

要的。建设单位对放射性核素的贮存将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对放射性核素的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确贮存和管理放射性核素的情况下，可以将该项目辐射产生的影响可得到有效的控制。本项目产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

#### （4）环保可行性结论

综上所述，本项目选址合理，符合国家产业政策，符合实践正当性原则，符合“三区三线”和《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》相关要求，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

### 13.2 建议与承诺

#### 13.2.1 建议

（1）建设单位应加强对放射性核素暂存库工作场所内人员进出的管理，健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员对辐射防护与操作的理解和执行水平，杜绝辐射事故的发生。

（2）辐射工作人员应规范运行设备并有效使用个人剂量计、个人剂量报警仪等监测用品；建设单位应定期对探伤设备、防护设施进行检查与维修。

（3）建设单位应严格执行相关法律法规，落实有关规定，并及时更新完善，提高制度可操作性。

#### 13.2.2 承诺

（1）公司承诺将根据报告表的要求和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

（2）本项目环评报批后，公司需及时向生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

（3）建设项目竣工后，公司应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日