2022-F-111

核技术利用建设项目

中检世标（南通）计量检测有限公司
扩建 X 射线及治疗级γ射线辐射场项目
环境影响报告表

中检世标（南通）计量检测有限公司（盖章）

2023 年 2 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中检世标（南通）计量检测有限公司
扩建 X 射线及治疗级γ射线辐射场项目
环境影响报告表

建设单位名称：中检世标（南通）计量检测有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：南通市崇川区长兴路 398 号 3 栋

邮政编码：226001　　联 系 人：

电子邮箱：/　　联系电话：

表 1　项目基本概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">扩建 X 射线及治疗级 γ 射线辐射场项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">中检世标（南通）计量检测有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表姓名</td><td>徐一鹤</td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">南通市崇川区永兴大道 388 号 1 幢 6 层</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">南通市崇川区长兴路 398 号 3 栋厂房内</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>1000</td><td>项目环保总投资（万元）</td><td>400</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>40%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">□新建 □改建 ☑ 扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">□I类（医疗使用） ☑II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑ 使用</td><td colspan="5">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

1 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来

1.1 建设单位基本情况

中检世标（南通）计量检测有限公司成立于 2019 年 10 月，公司注册地址位于南通市崇川区永兴大道 388 号 1 幢 6 层，公司租赁南通金箭智能科技有限公司位于南通市崇川区（原港闸区）长兴路 398 号的 3 号厂房作为办公及经营服务场所，其租赁合同复印件详见附件 8，中检世标（南通）计量检测有限公司主要从事计量器具检测服务；仪器仪表的销售。

1.2 项目规模及任务由来

为方便南通及周围城市电离辐射计量仪器的检定和校准，中检世标（南通）计量检测有限公司拟开展辐射计量器具的检测服务工作，建立防护级γ辐射场、X射线辐射场、治疗级γ辐射场以及中子辐射场项目，项目建成后，可为环境检测机构、放射卫生监督检测部门、核技术应用单位的各种辐射检测仪器、仪表提供检定校准服务。公司目前已开展防护级γ辐射场项目，本次扩建项目主要针对X射线辐射场以及治疗级γ辐射场。

本项目X射线辐射场以及治疗级γ辐射场拟建于公司厂房一楼中部(厂房共两层)，公司拟在X射线辐射场内配备一台X射线（中能）检定装置，装置型号为NDI 320/26，管电压最大为320kV，管电流最大为13.5mA，用于对电离辐射计量仪器进行检定和校准；拟在治疗级γ辐射场内配备一台γ射线检定装置，检定装置内拟配套使用一枚活度为2.96×10^{13}Bq（800Ci）的^{60}Co放射源，用于对治疗级的电离辐射计量仪器进行检定和校准。公司已有2名辐射工作人员，拟为本项目额外增配4名辐射工作人员，本项目各检定装置的年开机检定时间约为500小时。公司本次核技术应用基本情况见表1-1：

表1-1 中检世标（南通）计量检测有限公司本次评价核技术应用情况一览表

射线装置

序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压kV	最大管电流mA	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	环评情况	许可情况	备注
1	NDI 320/26型X射线机	1	320	13.5	II	X射线辐射场	拟购	本次环评	未许可	主射线朝西墙 额定功率：4200W

放射源

序号	放射源名称	数量	活度Bq	放射源类别	工作场所名称	使用情况	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	^{60}Co	1	2.96×10^{13}	II	治疗级γ辐射场	拟购	本次环评	未许可	主射线朝东墙

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，使用II类射线装置及II类放射源的单位应当编制环境影响评价报告表。受中检世标（南通）计量检测有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司

通过资料调研、现场监测和评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

中检世标（南通）计量检测有限公司厂区地址位于南通市崇川区长兴路 398 号 3 号厂房，公司厂区地理位置图见附图 1。公司厂房东侧依次为园区道路、停车位及南通通机股份有限公司厂房，南侧依次为园区道路及佳艾普科技（江苏）有限公司厂房，西侧依次为园区道路、停车位及芦泾河，北侧为依次为园区道路及华灯高节能技术（江苏）有限公司厂房，公司厂房平面布局及周围环境示意图见附图 2。

本项目所在的厂房为两层建筑，X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建于厂房一楼中部，2 座辐射场拟建址东侧为控制室/仪器物料间及防护级 γ 辐射场，南侧为文化展厅、走廊及备用办公区，西侧依次为控制室/仪器物料间、备用间及待检仪器间等场所，北侧为公司过道。本项目一层高 8m，辐射场高 4.3m，辐射场顶部 3.7m 空间空置人员不可到达，楼上二层为热释光测量室、氡测量室、激光铀分析室、α 谱仪室、径迹分析室、更衣室、二次离子质谱仪室、过道以及放射化学实验室等实验场所，楼下无场所。本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址所在厂房一层及二层平面布局图见附图 3~附图 4。

本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，环境保护目标主要为辐射工作人员、公司厂房内其他非辐射工作人员、南侧佳艾普科技（江苏）有限公司员工、北侧华灯高节能技术（江苏）有限公司员工及园区道路上行人。

3 建设单位已有核技术利用项目许可情况

3.1 建设单位辐射安全许可情况

目前，中检世标（南通）计量检测有限公司在用 1 座防护级 γ 辐射场，位于公司厂房一楼东部，在防护级 γ 辐射场内配备有一台 γ 射线检定装置，检定装置内配套使用一枚活度为 7.4×10^{11}Bq（20Ci）的 ^{137}Cs 放射源，该装置环境影响报告表于 2021 年 4 月 25 日通过南通市生态环境局的审批（批复复印件见附件 10），目前正在开展竣工环境保护验收工作（其验收检测报告见附件 10），预计 2023 年 3 月投入使用；同时公司使用 V 类放射源作为仪表校准源，均已完成建设项目环境影响评价登记备案手续。

该公司目前已申领南通市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证[F0658]，有效期至 2025 年 04 月 08 号，许可的种类和范围：销售、使用V类

放射源；使用 III 类放射源。许可 III 类源 1 枚（^{137}Csγ 校准源），许可V类源 17 枚，包括：1 枚V类 ^{226}Ra 仪表源、5 枚V类 ^{137}Csγ 仪表源、3 枚V类 ^{60}Coγ 仪表源、1 枚V类 ^{133}Ba 仪表源、2 枚V类 ^{241}Am/Be 仪表源以及 5 枚V类 ^{241}Amγ 仪表源。公司辐射安全许可证正、副本复印件见附件 7，公司现有核技术利用项目一览表见附件 12。

3.2 辐射安全管理情况

3.2.1 辐射安全管理机构及人员培训情况

中检世标（南通）计量检测有限公司成立了辐射安全与环境保护防护领导小组，明确了辐射防护负责人，并明确了辐射防护负责人和各小组成员的职责。公司现有 2 名辐射工作人员，均已取得辐射安全与防护考核合格证书（详见表 1-2）。

表 1-2　公司现有辐射工作人员辐射安全与防护培训情况

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并委托江苏玖清玖蓝环保科技有限公司开展个人剂量监测（委托协议见附件 11），每三个月送江苏玖清玖蓝环保科技有限公司进行个人剂量监测。公司已组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

3.2.2 辐射安全规章制度制定及落实情况

中检世标（南通）计量检测有限公司已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度、检定装置（放射源）使用登记制度以及辐射事故应急预案等，公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

中检世标（南通）计量检测有限公司已依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，制定了事故应急方案，在方案中明确了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司还应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。公司制定的事故应急预案较全面，并

具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。

3.2.3 工作场所及辐射环境监测情况

公司目前已配备 1 台 RJ32-3602 型辐射巡测仪和 2 台 RJ31-1155 型个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

公司目前尚未正式开展计量检定工作，待正式开展检定工作后，公司应定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对各辐射场周围环境的辐射水平进行监测；在开展检定工作时，公司应定期对各辐射场周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加各辐射场拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足周边企事业单位对于探测器核仪器的检定、校准需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2　放射源

序号	核素名称	总活度（Bq)/ 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
1	^{60}Co	$2.96\times10^{13}\times1$	II	使用	仪器检定、校准	治疗级γ辐射场	贮存在辐射场的γ检定装置储源罐内	主射线朝东墙
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	活动种类	实际日最大操作量（Bq)	日等效最大操作量（Bq)	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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（McV）	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
1	X 射线检定装置	II	1	NDI 320/26 型	320	13.5	仪器检定、校准	X 射线辐射场	定向机主射线朝西墙
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过通风系统排入外环境，臭氧常温下 50min 左右自行分解为氧气，对环境影响较小
退役的放射源	固态	^{60}Co	约 10 年后退役，退役时活度约为 7.92×10^{12} Bq	/	/	/	暂存于辐射场的γ检定装置储源罐内	由放射源生产厂家回收
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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^3；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^3）和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日施行 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 修正版），2018 年 12 月 29 日修订，2018 年 12 月 29 起施行 （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日起施行 （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行 （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行 （6）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号公布，自 2021 年 1 月 1 日起施行 （7）《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环保总局 公告 2005 年 第 62 号，2005 年 12 月 23 日起施行 （8）《关于发布<射线装置分类>的公告》，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 6 日起施行 （9）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日施行 （10）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 （11）《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，2006 年 9 月 26 日起施行 （12）《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 日起施行 （13）《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，2020 年 1 月 1 日起施行 （14）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 39 号，2019 年 11 月 1 日起施行 （15）《关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行

	（16）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正版），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行 （17）《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日 （18）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日 （19）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日 （20）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号，2021 年 11 月 9 日
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） （2）《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》（HJ10.1-2016） （3）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022） （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） （7）参考《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008） （8）参考《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015） （9）参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014） （10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019） （11）参考《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）
其它	**参考资料：** （1）辐射防护导论，方杰主编； （2）辐射防护手册（第一分册）~（第五分册），李德平、潘自强主编； （3）辐射防护技术与管理（电离辐射防护技术与管理），张丹枫、赵兰才主编。 **与本项目相关附件：** （1）项目委托书（附件 1）

	（2）放射源使用承诺书（附件 2） （3）射线装置使用承诺书（附件 3） （4）废源退役承诺书（附件 4） （5）辐射防护屏蔽设计说明（附件 5） （6）辐射环境现状检测报告复印件（附件 6） （7）辐射安全许可证正、副本复印件（附件 7） （8）厂房租赁协议复印件（附件 8） （9）厂家提供的检定装置参数文件（附件 9） （10）已有核技术利用项目环评批复及防护检测报告复印件（附件 10） （11）个人剂量监测协议复印件（附件 11） （12）公司已有核技术利用项目环保手续履行一览表（附件 12） （13）专家意见修改清单（附件 13）

表 7　保护目标与评价标准

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）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”相关规定，确定本项目评价范围为本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场边界外 50m 区域。

保护目标

本项目 X 射线辐射场及治疗级 γ 辐射场 50 米范围内无居民区、学校等环境敏感目标，对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），本项目评价范围内未涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等。因此，根据评价范围确定本项目 X 射线辐射场及治疗级 γ 辐射场周围的保护目标主要为辐射工作人员、公司厂房内其他非辐射工作人员、南侧佳艾普科技（江苏）有限公司员工、北侧华灯高节能技术（江苏）有限公司员工及园区道路上行人。本项目辐射场拟建址周围 50m 范围内的保护目标情况一览表见表 7-1，本项目各辐射场拟建址周围 50m 评价范围示意图见附图 2。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

保护目标分类	方位	保护目标名称	最近距离（m）	规模（人数）	剂量约束值（mSv/a）
辐射工作人员	东侧	X 射线辐射场检定校准人员	相邻	2 人	5
	西侧	治疗级 γ 辐射场检定校准人员	相邻	2 人	
公众	东侧	公司厂房内员工	约 5m	约 5 人	0.1
		园区道路行人	约 25m	流动人群	
	南侧	公司厂房内员工	约 2m	约 5 人	
		园区道路行人	约 10m	流动人群	
		佳艾普科技（江苏）有限公司员工	约 20m	约 12 人	
	西侧	公司厂房内员工	约 4m	约 5 人	
		园区道路行人	约 30m	流动人群	
	北侧	公司厂房内员工	约 2m	约 5 人	
		园区道路行人	约 10m	流动人群	
		华灯高节能技术（江苏）有限公司员工	约 20m	约 20 人	
	顶部	公司二层工作人员	约 4m	约 15 人	

评价标准

1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

（1）剂量限值

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射剂量限	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	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下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

（2）辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。

（3）剂量约束值

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%～30%（即 0.1mSv～0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

2 参考《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）

6.1 探伤室屏蔽要求：γ 射线探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑直射、散射和屏蔽物

材料和结构等各种因素。在进行屏蔽墙设计时剂量约束值可取为 0.1~0.3mSv·a^{-1}，并要求探伤室屏蔽墙外 30cm 处空气比释动能率不大于 2.5μGy·h^{-1}，无迷路探伤室门的防护性能应与同侧墙的防护性能相同。

6.2.1 应安装门-机联锁装置和工作指示灯；探伤室门入口处必须有固定的电离辐射警告标志；入口处及被探物件出入口处必须设置声光报警装置，该装置在 γ 射线探伤机工作时应自动接通以给出声光警示信号。

6.2.2 应在屏蔽墙内外合适位置上设置紧急停止按钮，并给出清晰的标记和说明。

6.2.3 应配置固定式辐射检测系统，并与门-机联锁相联系。同时配置便携式辐射测量仪和个人剂量报警仪。

6.2.4 应定期对探伤室的探伤室防护门-机联锁装置、紧急停止按钮、出束信号指示灯等安全措施进行检查。

6.3.1 工作人员进出探伤室时应佩带个人剂量计、剂量报警仪和便携式剂量测量仪。

6.3.2 每次工作前，探伤作业人员应检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。只有确认探伤室内无人且门已关闭、所有安全装置起作用并给出启动信号后才能启动照射。

3　参考《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

本标准规定了工业X射线探伤室探伤、工业X射线CT探伤与工业X射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于使用500kV以下的工业X射线探伤装置(以下简称X射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或X射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通X射线管管电压；已接通的X射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 100μSv/周，对公众不大于 5μSv/周；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3；

b) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100μSv/h。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.1.11 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

4 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽,不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时,通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽,当相差不足一个 TVL 时,则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室,可以仅设人员门。搬伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外,控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中,应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时,按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

5 参考《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）

密封 γ 放射源容器相关放射防护要求参考《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）5.1、5.8、5.9 条款执行。

5.1 密封γ放射源容器的结构、材料、质量和体积的设计，应根据装载放射源的种类、活度、射线能量、使用及运输放射，包装等级和泄露辐射水平等内容综合考虑，确保放置稳定、装卸容易、运输安全和使用方便。

5.8 距离装有活度为3.7×10^{10}Bq 以下的密封γ放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.05mGy/h；距离装有活度为 3.7×10^{10}Bq 以上的密封γ放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.2mGy/h。

5.9 密封 γ 放射源容器外表面的非固定性放射性污染，β 不得超过 4Bq·cm^{-2}，α 不得超过 0.4Bq·cm^{-2}。

6 项目剂量约束值

（1）考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）并参考《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）以及《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）等评价标准，本项目职业人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年有效剂量值的1/4，公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射剂量限值的10%，即：职业人员年剂量约束值不大于**5mSv/a**；公众活动区域相关人员年剂量约束值不大于**0.1mSv/a**。

（2）人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于**100μSv/周**，对公众不大于**5μSv/周**。

（3）本项目辐射场各侧墙体外30cm处的辐射剂量率应不大于**2.5μSv/h**，检定室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平不大于**2.5μSv/h**（本项目检定室顶部二层人员可达）。

（4）参考《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）标准，距离装有活度为3.7×10^{10}Bq以上的密封γ放射源容器外表面100cm处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过0.2mGy/h；密封γ放射源容器外表面的非固定性放射性污染，β不得超过4Bq·cm^{-2}，α不得超过0.4Bq·cm^{-2}。

7 参考资料：

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省环境天然γ辐射空气吸收剂量率（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测值范围	33.1～72.6	18.1～102.3	50.7～129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时，参考“均值±3s”数值：原野为（50.4±21.0）nGy/h；道路为（47.1±36.9）nGy/h；室内为（89.2±42.0）nGy/h。

表 8　环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

中检世标（南通）计量检测有限公司厂区地址位于南通市崇川区长兴路 398 号，公司厂区地理位置图见附图 1。公司厂区东侧依次为园区道路、停车位及南通通机股份有限公司厂房，南侧依次为园区道路及佳艾普科技（江苏）有限公司厂房，西侧依次为园区道路、停车位及卢泾河，北侧为依次为园区道路及华灯高节能技术（江苏）有限公司厂房，公司厂区平面布局及周围环境示意图见附图 2。

本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建于公司厂房一楼中部，2 座辐射场拟建址东侧为控制室/仪器物料间及防护级 γ 辐射场，南侧为文化展厅、走廊及备用办公区，西侧依次为控制室/仪器物料间、备用间及待检仪器间等场所，北侧为公司过道。本项目一层高 8m，辐射场高 4.3m，辐射场顶部 3.7m 空间空置人员不可到达，楼上二层为热释光测量室、氡测量室、激光铀分析室、α 谱仪室、径迹分析室、更衣室、二次离子质谱仪室、过道以及放射化学实验室等实验场所，本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址所在厂房一层及二层平面布局图见附图 3~附图 4。

本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，环境保护目标主要为辐射工作人员、公司厂房内其他非辐射工作人员、南侧佳艾普科技（江苏）有限公司员工、北侧华灯高节能技术（江苏）有限公司员工。本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址所在厂房及周围环境现状见图 8-1。



本项目辐射场拟建址东侧（控制室）



本项目辐射场拟建址南侧（走廊）



本项目辐射场拟建址西侧



本项目辐射场拟建址北侧（过道）



本项目辐射场拟建址现状



本项目辐射场拟建址楼上现状

图 8-1 本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址及周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址及周围辐射环境

监测因子：γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址周围布置监测点位，共计 9 个监测点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测项目：γ 辐射空气吸收剂量率

监测布点：在 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址周围进行布点，具体点位

见图 8-2

监测时间：2022 年 09 月 15 日

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

监测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J2718，检定有效期：2022.05.19~2023.05.18）

监测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 HJ 1157-2021，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy

3.2 质量保证措施

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗证，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检定，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法：对照江苏省环境γ辐射剂量率调查结果进行评价，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 6。

表 8-1　本项目辐射场拟建址周围γ辐射空气吸收剂量率测量结果

测点编号	测点位置描述	测量结果 (nSv/h)	备注
1	治疗级γ辐射场拟建址处（厂房内）	117	检测时拟建址东侧防护级γ辐射场未开机运行
2	X 射线辐射场拟建址处（厂房内）	118	
3	X 射线辐射场拟建址东侧（控制室）	97.4	
4	辐射场拟建址南侧（厂房内）	91.4	
5	治疗级γ辐射场拟建址西侧（厂房内）	101	
6	辐射场拟建址北侧（厂房内）	98.7	

7	辐射场拟建址楼上（厂房内）	107	
8	辐射场拟建址南侧的 4 号厂房北侧（园区道路）	107	
9	辐射场拟建址北侧的 2 号厂房南侧（园区道路）	102	

注：测量数据已扣仪器宇宙响应值。

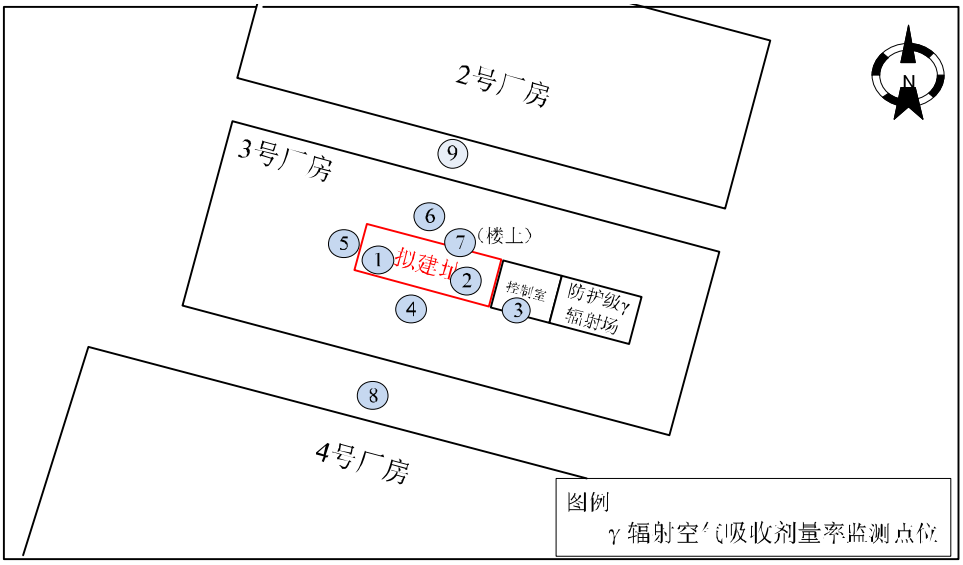

图 8-2　本项目辐射场拟建址及周围环境 X-γ 辐射监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址及周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率为（91.4~118）nGy/h，处于江苏省 γ 辐射剂量率涨落范围内。

表 9　项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 工程设备

为方便南通及周围城市电离辐射计量仪器的检定和校准，中检世标（南通）计量检测有限公司拟开展辐射计量器具的检测服务工作，建立防护级γ辐射场、X射线辐射场、治疗级γ辐射场以及中子辐射场项目，项目建成后，可为环境检测机构、放射卫生监督检测部门、核技术应用单位的各种辐射检测仪器、仪表提供检定校准服务。公司目前已开展防护级γ辐射场项目，本次扩建项目主要针对X射线辐射场以及治疗级γ辐射场。

本项目X射线辐射场以及治疗级γ辐射场拟建于公司厂房一楼中部，公司拟在X射线辐射场内配备一台X射线（中能）检定装置，装置型号为NDI 320/26，管电压最大为 320kV，管电流最大为 13.5mA，用于对电离辐射计量仪器进行检定和校准；拟在治疗级 γ 辐射场内配备一台 γ 射线检定装置，检定装置内拟配套使用一枚活度为 2.96×10^{13}Bq（800Ci）的 ^{60}Co 放射源，用于对治疗级的电离辐射计量仪器进行检定和校准。

公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，本项目各检定装置的年开机检定时间约为 500 小时。

2　检定装置工作原理

为了保证监测数据的准确、有效，辐射监测仪器需要定期检定，仪器检定是由法制计量部门或法定授权组织按照检定规程，通过实验，提供证明，来确定测量器具的示值误差满足规定要求的活动。为了与计量仪器的管理相衔接，检定的目的是校验计量仪器的示值与相对应的已知量值之间的偏差，使其始终小于有关计量仪器管理的标准、规程或规范中所规定的最大允许误差，根据检定的结果对计量仪器作出继续使用、进行调查、修理、降级使用或声明报废的决定。

在仪器检定过程中，需要进行量值溯源，量值溯源是通过一条具有规定不确定度的不间断的比较链，使测量结果或测量标准的值能够与规定的参考标准（通常是国家计量基准或国际计量基准）联系起来的特性。通过上一级溯源单位对本级标准装置进行比较测量，规定不确定度，然后用本级标准装置对下一级剂量器具进行检定，其量

值溯源传递图见图 9-1。

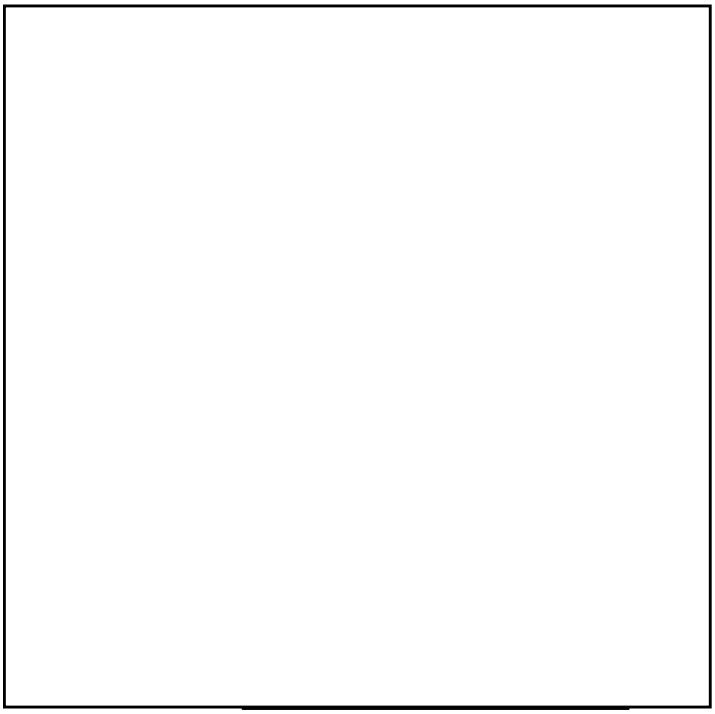

图 9-1　检定的量值溯源传递图

辐射监测仪器的检定方法有标准源法（直接测量法）和标准仪器法（间接测量法）两种，本次项目 X 射线辐射场及治疗级γ辐射场使用的都是标准仪器法（间接测量法）。即首先将标准仪器（配置的标准探测仪器，本项目使用 PTW 探测器）置于辐射场的检验点上，参考点与检验点重合，读取标准仪器（PTW 探测器）的指示值。然后将受检仪器置于辐射场的检验点上，参考点与检验点重合，读取受检仪器的指示值。受检仪器的指示值与标准仪器的指示值相比较，给出刻度/校准因子，计算相对固有误差，进行检定或校准。

2.1 X 射线辐射场工作原理

X 射线辐射刻度装置主要由 X 射线机、定位系统、安全连锁装置、探测器刻度系统、控制系统、自动化操作平台、安全联锁系统等组成，主要用于 X 射线监测仪器刻度验证、γ剂量率仪等γ监测仪器能量响应的测试，其中 X 射线机的照射方式为定向照射（窗口朝西墙照射）。

X 射线机：X 射线辐射刻度装置的核心部件是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。

典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

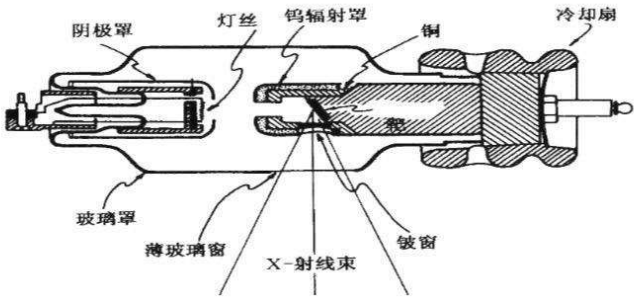

图 9-2　X 射线管结构示意图

本项目 X 辐射场拟配备 VARIAN NDI320/26 型中能 X 射线机，其最大管电压为 320kV，最大管电流为 13.5mA，射线输出角度为 40°，本项目检定装置的 X 射线机加装自动快门与铅准直装置，包括准直口、快门、枢轴装置和电磁螺线管，在屏蔽装置中集成一个自动快门系统，自动快门系统具有断电保护功能，端口与准直口形成不超过 12°（11.76°）的射线出束角度，经准直后朝向西墙照射，以保证 X 射线检定装置安全使用。

在工作状态下，X 射线通过准直器照射孔对探测器（待检仪器）进行照射，因此，在照射孔正前方区域内的辐射水平较高，其他方向的射线强度经过准直及屏蔽后大幅减弱。

本项目 X 射线检定装置利用高纯度的 Pb、Sn、Cu、Al 附加过滤片将 X 射线机初始韧致辐射谱过滤为用于仪器仪表校准检定的过滤束 X 射线谱，参考《用于校准剂量仪和剂量率仪以及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射-第 1 部分：辐射特性及产生方法》（GB/T 12162.1）的要求，建立低空气比释动能率系列（L-系列）和窄谱系列（N-系列）辐射质，其中 N-系列对应于防护水平 10μGy/h~100mGy/h，L 系列对应于环境水平 0.5μGy/h~10μGy/h。

定位系统：主要由定位装置基座、导轨、激光定位系统、校准平台和手动控制器等组成，可实现升降、平移旋转等四维电动控制。本项目 X 射线检定装置的定位系统沿射线束方向行程可移动（0～6）m，测量点定位系统精度为±1.0mm，激光定位系统可用于实现电离室的定位，手动控制器可现场进行定位装置的就地控制。

控制系统：包括控制器、控制软件、数据采集卡等。

探测器刻度系统：用于刻度过程中待刻度探测器的定位，布置在探测器定位区，

探测器定位装置由移动轨道、移动小车、探测器定位支架等组成，移动轨道的布置与放射源准直器照射孔的方向一致。移动轨道上距离放射源准直器不同的距离处有若干的定位点，刻度过程中分别在这些点上进行探测器的刻度。

自动化控制操作平台：由操作台、控制主机和相关控制系统及程序组成，通过自动化控制操作平台可实现：探测器定位装置的自动化控制和探测器的定位、射线装置的开关和定位、轨道小车系统的自动化控制、标准传递系统的控制、安全连锁系统的自动化控制、固定式剂量率监测系统的运行控制。

安全联锁系统：主要包括门机联锁、急停开关、视频监控、红外检测、剂量监测等辐射安全设施，可以通过连锁系统完成对所有安全、控制信号的采集、判断、产生，状态显示终端计算机显示器同时显示系统状态。开机出束及照射时自动测量、记录关机及照射时间，安全联锁响应时间小于 0.1s。

X 射线检定辐射场部分装置或系统参考示意图见图 9-3。

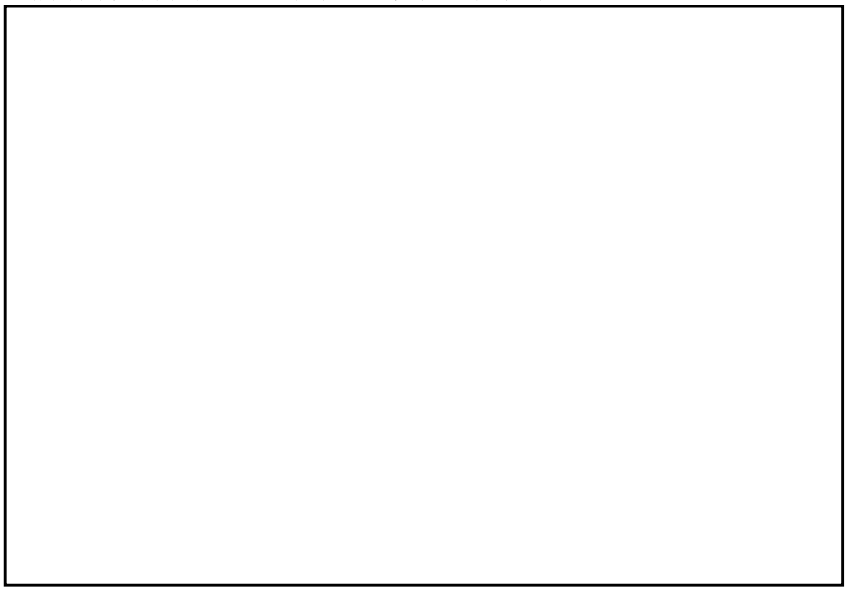

图 9-3 X 射线检定辐射场部分装置或系统参考示意图

2.2 治疗级γ辐射场工作原理

本项目治疗级γ辐射场内拟使用一台治疗级γ射线检定装置，是用于模拟γ射线治疗水平辐射场空气比释动能率约为（0.01~10）Gy/min，供γ射线治疗水平空气比释动能计量器具的量值传递的系统，主要用于治疗水平剂量计(也叫治疗剂量仪)的检定及校准，本项目治疗级γ射线检定装置拟购置于中国同辐股份有限公司，设备内置的放射源拟购置于有资质的厂家，放射源倒装、运输、更换、维修均委托有资质的单位

负责。

治疗水平剂量计由静电计（主机）和电离室组成，是医用直线加速器和钴-60 治疗机用于质量保证、质量控制的器具，确保病人的吸收剂量为处方剂量，以达到杀死癌细胞同时尽量保护正常组织的目标，是放疗中要求强制检定的计量器具。

本项目治疗级γ射线检定装置使用的 ^{60}Co 源的核素特性见表 9-1。

表 9-1　放射性核 ^{60}Co 核素特性

核素	半衰期	衰变类型及分支比（%）	主要α、β辐射能量（keV）与绝对强度（%）	主要γ、X 射线能量(keV)与绝对强度(%)	空气比释动能率常数（$Gy•m^2•Bq^{-1}•h^{-1}$）
^{60}Co	5.26a	β^{-1}（100）	317.87（99.925）	1332.492（99.9826） 1173.228（99.85）	3.12×10^{-13}

本项目治疗级γ射线检定装置主要包括γ射线辐射装置、导轨及定位系统、控制系统、激光准直系统、自动化操作平台及安全联锁系统等，装置的使用年限约 10 年。

γ射线辐射装置：本项目治疗级γ射线检定装置拟装载 1 枚 ^{60}Co 放射源（出厂活度为 $2.96\times10^{13}Bq$），^{60}Co 放射源密封于储源罐内的载源体内，储源罐拟采用铅、钨合金进行屏蔽，储源罐固定于安装托架上，首次安装调试后就不再移动，γ 射线检定装置的中心距地面约 1.25 米。根据厂家设计要求（附件 9），本项目治疗级γ检定装置在非工作状态下，距储源器表面 5cm 处的辐射剂量率小于 25μGy/h。

在工作状态下，放射源一直处于照射装置内通过准直器照射孔对探测器（待检仪器）进行照射，因此，在准直器正前方区域内的辐射水平较高，其他方向的射线强度受到散射以及储源罐屏蔽材料的屏蔽而大幅减弱。

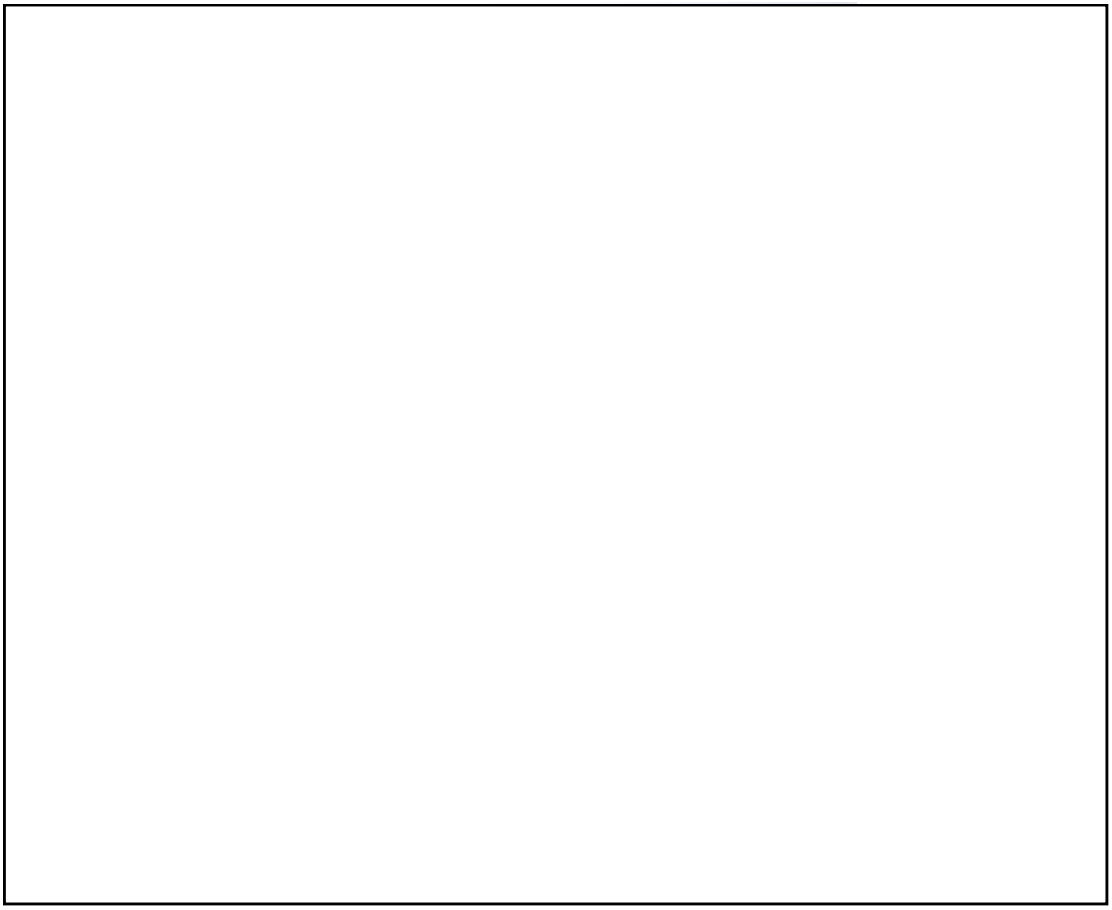

图 9-5　本项目γ射线辐射装置储源罐剖面示意图

导轨及定位系统：可实现检定平台的升降、平移、旋转等四维电动控制，定位系统沿射线束方向行程可移动（0～10）m；测量点定位系统精度±1.0mm，手动控制器可现场进行定位装置的就地控制。其中定位系统主要用于刻度过程中待刻度探测器的定位，布置在探测器定位区，探测器定位装置由移动轨道、移动小车、探测器定位支架等组成，移动轨道的布置与放射源准直器照射孔的方向一致。移动轨道上距离放射源准直器不同的距离处有若干的定位点，刻度过程中分别在这些点上进行探测器的刻度。

控制系统：包括控制器、控制软件、数据采集卡等。

激光准直系统：激光定位系统可用于实现电离室的定位。

自动化控制操作平台：由操作台、控制主机和相关控制系统及程序组成，通过自动化控制操作平台可实现：探测器定位装置的自动化控制和探测器的定位、射线装置的开关和定位、轨道小车系统的自动化控制、标准传递系统的控制、安全连锁系统的自动化控制、固定式剂量率监测系统的运行控制。

安全联锁系统：主要包括门机联锁、急停开关、视频监控、红外检测、剂量监测等辐射安全设施，可以通过连锁系统完成对所有安全、控制信号的采集、判断、产生，状态显示终端计算机显示器同时显示系统状态。开关源及照射时自动测量、记录开关源及照射时间，安全联锁响应时间小于0.1s。

3 仪器检定工作流程及产污环节

3.1 X辐射装置工作流程及产污环节

本项目X射线辐射场在完成建设后，拟将PTW标准装置送至上一级溯源单位进行检定溯源，经过溯源后，拟在本项目辐射场使用PTW标准装置进行定值刻度，完成刻度方能进行待检仪器的检定；本项目预计每年在X射线辐射场对PTW标准装置进行一次定值刻度。

本项目X射线辐射装置进行定值刻度及仪器检定的工作流程基本相同，其刻度及仪器检定的工作流程如下，其工作流程及产污环节分析图见图9-6。

（1）确认工作场所固定剂量报警仪显示正常后，辐射工作人员（佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计）打开X射线辐射场的防护门，将PTW探测器（待检仪器）携带进入检定实验室，按要求放置在预先设定的检定点位，将PTW探测器（待检仪器）的探头正对着X射线检定装置的发射窗口，并定位好PTW探测器（待检仪器）。

（2）巡检并确认场内无人后，辐射工作人员撤出X射线辐射场，并关闭辐射场的防护门。

（3）再次检查防护门关闭严密，且通过视频监控系统核实辐射场内无人员后，辐射工作人员在控制室设置照射时间等参数后启动X射线检定装置的出束开关，打开快门进行照射，使X射线机的有用线束照射PTW探测器（待检仪器）的探头，辐射工作人员在控制室通过视频监控系统读取受检仪器的示值；在刻度过程中，通过PTW探测器与出束口之间的距离，分别对不同距离处探测器的剂量率进行刻度、校准和记录，直到所有待检定点全部刻度完毕。刻度/检定过程中会产生X射线及少量O_3、NO_X。

（4）检定结束后，X射线机的快门自动关闭；待固定剂量报警仪显示实验室内剂量达到本底水平后，打开防护门，携带个人剂量报警仪进入X射线辐射场。

（5）最后，将PTW探测器（待检仪器）取出，巡检确定一切正常后，撤出辐射场并关闭防护门。

（6）结束当天工作后，关闭控制台仪器，关上钥匙开关，关闭动力电源，关闭实验室照明设备，锁好控制室大门。

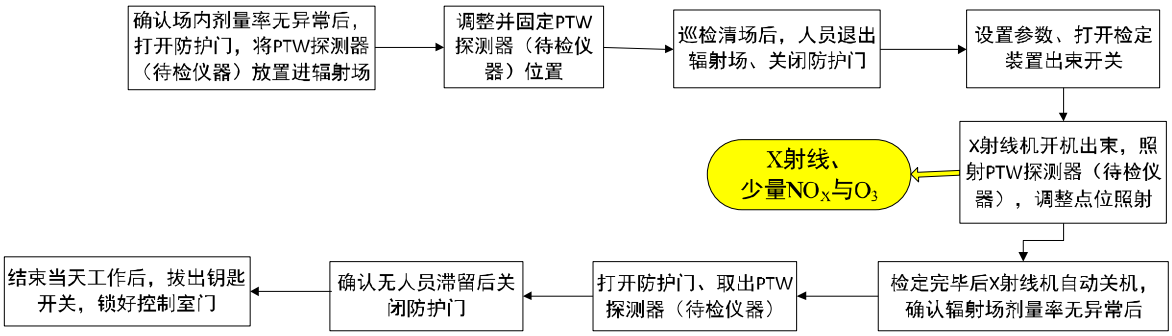

图 9-6　X 射线检定装置刻度/检定工作流程及产污环节分析示意图

3.2 治疗级 γ 辐射装置工作流程及产污环节

本项目治疗级 γ 辐射场在完成建设后，拟将 PTW 标准装置送至上一级溯源单位进行检定溯源，经过溯源后，拟在本项目辐射场使用 PTW 标准装置进行刻度，完成刻度方能进行待检仪器的检定；本项目预计每年在辐射场内对 PTW 标准装置进行一次刻度。

本项目治疗级 γ 辐射装置进行定值刻度及仪器检定的工作流程相同，其刻度及仪器检定的工作流程如下，其具体工作流程及产污环节分析图见图 9-7。

本项目治疗级 γ 辐射装置的 ^{60}Co 放射源装载在储源罐中，非工作状态下放射源位于储源罐内储存位置，γ 射线检定装置的发射窗口关闭，治疗级 γ 辐射场的防护门也处于关闭状态。

（1）准备进行仪器检定时，确认辐射场内的固定剂量监测仪显示剂量正常后，辐射工作人员（佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计）打开治疗级 γ 辐射场的防护门，将 PTW 探测器（待检仪器）携带进入检定室，按要求放置在预先设定的检定点位，将 PTW 探测器（待检仪器）的探头正对着 γ 射线检定装置的发射窗口，并定位好 PTW 探测器（待检仪器）。

（2）巡检并确认场内无人后，辐射工作人员撤出治疗级 γ 辐射场，并关闭治疗级 γ 辐射场的防护门；

（3）再次检查防护门关闭严密，且通过视频监控系统核实 γ 辐射场内无人员后，辐射工作人员在控制室设置照射时间等参数后，打开检定装置操作软件的出束开关，

通过遥控打开旋转快门至工作位，打开发射窗口，使放射源发射的γ射线有用线束照射 PTW 探测器（待检仪器）的探头，辐射工作人员在控制室通过视频监控系统读取受检仪器的示值；在刻度过程中，通过调整 PTW 探测器与出束口之间的距离，分别对不同距离处探测器的剂量率进行刻度、校准和记录，直到所有待检定点全部刻度完毕，刻度/检定过程中会产生γ射线及少量 O_3、NO_x。

（4）检定结束后，旋转快门恢复至关闭状态，关闭 γ 射线装置的发射窗口，待固定剂量报警仪显示实验室内剂量达到本底水平后，辐射工作人员打开防护门，携带个人剂量报警仪和个人剂量计进入γ辐射场。

（5）最后，将 PTW 探测器（待检仪器）取出，同时检查放射源是否已回储存位，确认无误后、巡检确定一切正常后，清场撤出辐射场并关闭防护门。

（6）结束当天工作后，关闭控制台仪器，关上钥匙开关，关闭动力电源，关闭实验室照明设备，锁好控制室大门。

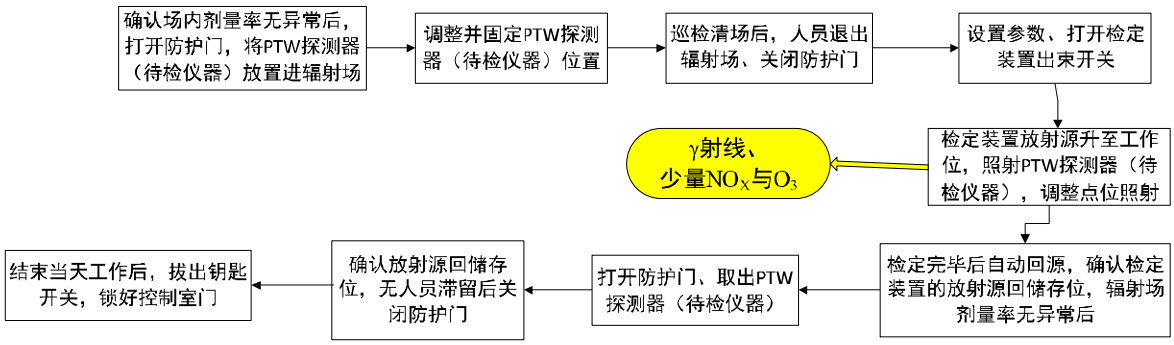

图 9-7　γ射线检定装置刻度/检定工作流程及产污环节分析示意图

污染源项描述

1 放射性污染源分析

1.1 X 射线检定装置

由 X 射线机的工作原理可知，X 射线是随 X 射线检定装置的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目检定期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：X 射线机发出的用于照射被检仪器的辐射束，又称为主射线束。根据厂家提供材料，本项目 X 射线装置的固有滤过为 3.0mmBe，由于厂家无法提供该滤过条件下的输出量，本项目参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

（GBZ/T250-2014）表 B.1，保守以 300kV 及 400kV 下 X 射线管输出量较大值（20.9mGy·m^2/（mA·min）及 23.5mGy·m^2/（mA·min））进行插值计算得到：本项目 320kV 的 X 射线管 1m 处的输出量取 21.4mGy·m^2/（mA·min）。

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），本项目 320kV 的 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率取 5×10^{3}μSv/h。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 得到 320kV 的 X 射线能量 90°散射辐射相应的 X 射线能量为 250kV。

1.2 治疗级 γ 辐射检定装置

本项目治疗级 γ 检定装置拟配备 800Ci 的 ^{60}Co 放射源一枚，^{60}Co 的半衰期为 5.26a，衰变时主要发射能量为 0.318MeV 的 β 射线和 1.17MeV、1.33MeV 的 γ 射线。由于 β 射线在空气中射程较短，容易被屏蔽，通常只要对 γ 射线能有效屏蔽，也能将 β 射线屏蔽掉，因此主要放射性污染物为 γ 射线。

本项目 γ 射线检定装置拟设置储源罐对 ^{60}Co 放射源进行贮存和屏蔽，装置在未开机使用状态下，放射源位于储源罐内（处于屏蔽状态），此时从装置源体漏出的 γ 射线较少，主要可能对进入辐射场的辐射工作人员产生外照射，不对辐射场外的工作人员和公众成员产生辐射影响。装置开机工作状态下，放射源准直方向、泄露及散射出来的 γ 射线较强，可能对辐射场外的工作人员和公众成员产生外照射影响。

另外，退役的放射源也会对周围环境产生 γ 射线外照射影响，本项目拟使用的 ^{60}Co 放射源最大活度为 800Ci，在使用到一定年限后（约 10 年）退役，产生废弃放射源，退役时放射源活度约 214Ci（7.92×10^{12}Bq）。

本项目 X 射线检定装置及治疗级 γ 检定装置在运行时无放射性废气、放射性废水产生，其产生的放射性固废主要为治疗级 γ 检定装置内 ^{60}Co 放射源退役产生的退役放射源。

2 非放射性污染源分析

本项目治疗级 γ 检定装置及 X 射线检定装置在工作状态时，产生的 γ 射线及 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10　辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

本项目 X 射线辐射场及治疗级 γ 辐射场均包含辐射场（检定室）、控制室/仪器物料间。本项目 X 射线辐射场的控制室/仪器物料间位于辐射场（检定室）外东侧，控制室与检定室分开设置，参考《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），本项目 X 射线辐射场的布局满足该标准中关于操作室与曝光室分开设置的要求，布局设计合理。本项目治疗级 γ 辐射场的控制室及仪器物料间位于辐射场（检定室）外西侧，控制室与检定室分开设置，参考《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）标准要求，本项目治疗级 γ 辐射场布局设计合理。

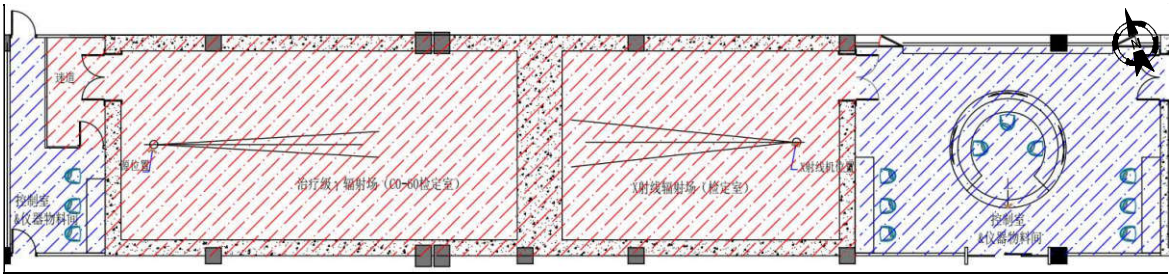

图 10-1　本项目治疗级 γ 辐射场平面布局及分区图

本项目拟将 X 射线辐射场的辐射场（检定室）以及治疗级 γ 辐射场的辐射场（检定室）及迷道作为辐射防护控制区，公司拟在防护门明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，检定时任何人不得进入；拟将 X 射线辐射场及治疗级 γ 辐射场的控制室/仪器物料间作为辐射防护监督区，检定时无关人等不得进入。本项目 X 射线辐射场及治疗级 γ 辐射场平面布局及分区图见图 10-1，其中红色线表示控制区，蓝色线表示监督区。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 -2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

2 辐射屏蔽设计

本项目治疗级 γ 辐射场及 X 射线辐射场的屏蔽防护设计见表 10-1，屏蔽防护说明见附件 5，治疗级 γ 辐射场及 X 射线辐射场平面及剖面设计图见附图 5~附图 6。

表 10-1 本项目 X 射线辐射场及治疗级γ辐射场屏蔽设计参数一览表

装置名称	放射源/活度、射线装置名称/参数	辐射场屏蔽设计
X 射线检定装置	NDI 320/26 型 X 射线机 最大管电压 320kV 最大管电流 13.5mA	本项目 X 射线辐射场（检定室）内净尺寸为 10.5m（长）×7.3m（宽）×3.8m（高），辐射场西侧屏蔽墙拟采用 1400mm 混凝土浇筑，东、南、北侧屏蔽墙均拟采用 500mm 混凝土浇筑；顶部拟采用 500mm 混凝土浇筑；防护门拟采用 25mmPb+4mmFe。
治疗级γ检定装置	^{60}Co 活度：2.96×10^{13}Bq II 类放射源	本项目治疗级γ辐射场（检定室）内净尺寸为 15m（长）×7.3m（宽）×3.8m（高），辐射场东侧屏蔽墙拟采用 1400mm 混凝土浇筑，南、西、北侧屏蔽墙均拟采用 500mm 混凝土浇筑；顶部拟采用 500mm 混凝土浇筑；防护门拟采用 30mmPb+4mmFe。

3 辐射安全措施设计

3.1 X 射线辐射场

对于本项目 X 射线辐射场，为保证安全运行，公司拟参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）等标准中的要求，设计相应的辐射安全设施和保护措施如下，其主要的辐射安全设施位置详见附图 7-1。

（1）钥匙开关：本项目 X 射线检定装置的操作台处拟设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线检定装置才能加高压出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。操作台处拟设置 X 射线管电压及高压接通或断开状态的指示装置，管电压、管电流、照射时间选取及设定值显示装置，以及辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

（2）安装门机联锁装置。本项目 X 射线辐射场（检定室）防护门拟设置门机联锁装置，即操作台或 X 射线管头组装体上的接口与防护门联锁，只有当防护门完全关闭后才能接通 X 射线管管电压。防护门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。X 射线辐射场（检定室）的西墙拟设置紧急开门按钮以方便 X 辐射场（检定室）内部的人员在紧急情况下离开 X 射线辐射场（检定室）。

（3）设计安装工作指示灯。X 射线辐射场（检定室）的防护门外上方拟设置显示“辐照中”状态的指示灯，X 射线检定装置工作时，指示灯开启，警告无关人员勿靠近 X 射线辐射场（检定室）或在 X 射线辐射场（检定室）外做不必要的逗留。

（4）X 射线辐射场（检定室）拟设置照射状态指示装置与 X 射线检定装置进行

联锁。

（5）本项目 X 射线辐射场（检定室）防护门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

（6）安装紧急停机按钮。X 射线辐射场（检定室）内东、南、北墙上以及控制台上均拟设置紧急停机按钮，同时拟在急停按钮下方设置急停使用说明，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。本项目紧急停机按钮的设置能够使人员处在检定室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。紧急停机按钮应当带有标签，标明使用方法。

（7）视频监控。公司拟在 X 射线辐射场（检定室）内的西北角及东南角墙上安装视频监控摄像头，视频监控显示屏拟设置于操作台，以便辐射工作人员在控制台可以观察到辐射场内的情况，避免有人员误留情况下出现误照射。

（8）红外检测系统。公司拟在 X 射线辐射场（检定室）内安装人员驻留红外识别系统（南墙及北墙上各安装 2 个识别探头），该系统可自动识别辐射场内是否有人驻留在辐射场，从而避免人员受到意外照射。

（9）固定式剂量监测仪。本项目 X 射线辐射场（检定室）拟安装固定式剂量仪，拟在辐射场内东墙、西墙及控制室操作台上各安装一个剂量监测探头，剂量显示位于操作台上，每次辐射工作人员进入辐射场之前，均应先确认辐射场内辐射水平降至正常水平后，方可打开防护门进入辐射场。

（10）公司拟在 X 射线辐射场（检定室）控制室入口门及辐射场（检定室）的防护门上均设置门锁，只有被授权的辐射工作人员才能进入控制室操作。

（11）公司拟在 X 射线辐射场（检定室）东墙与控制室之间设电缆穿线管，电缆管道尺寸为 φ100mm，电缆管道埋地深约 400mm，避开主射线方向，电缆管口设计可保证射线至少经过三次以上散射方能到达辐射场屏蔽墙外，不影响墙体的防护效果。

（12）公司拟在 X 射线辐射场东南角及西北角分别设送风口及排风口，管道尺寸 Φ315，拟采用 U 型埋地方式穿墙，埋地深度约 410mm，避开主射线方向，通风管道埋地设计可保证射线至少经过三次以上散射方能到达辐射场屏蔽墙外，不影响墙体的防护效果。

3.2 治疗级γ射线辐射场

为确保辐射安全，保障本项目治疗级γ射线检定装置安全运行，参照《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）等标准中的要求，公司本项目治疗级γ辐射场（检定室）拟设计相应的辐射安全设施和保护措施如下，其主要的辐射安全设施位置详见附图 7-2。

（1）钥匙开关：本项目治疗级γ射线检定装置的操作台处拟设置钥匙开关，只有在操作台插上钥匙，同时通过电脑打开操作软件界面的出束开关后，治疗级γ射线检定装置才能打开发射窗口出束。公司拟将该钥匙与一台辐射报警仪串结在一起（该钥匙必须由进入辐射场（检定室）的辐射工作人员持有），同时操作γ射线检定装置的电脑拟设密码，只有经授权的辐射工作人员才能通过密码登录电脑操作装置出束。操作台处拟设置γ射线检定装置出束状态与贮存状态的指示装置，同时拟设辐射警告和禁止非授权使用的警告等标识。

（2）安装门机联锁装置。本项目治疗级γ辐射场（检定室）的防护门及迷道门均拟设置门机联锁装置，即γ射线储源装置与防护门联锁，只有当防护门完全关闭后才能实现升源出束，当防护门被打开时，γ检定装置的放射源立即被降至储存位置。

（3）设计安装工作指示灯。治疗级γ辐射场（检定室）防护门及迷道门外均拟设置与射线出束状态进行联锁的照射信号指示灯，以警告无关人员勿靠近辐射场（检定室）或在辐射场（检定室）外做不必要的逗留。

（4）本项目治疗级γ辐射场（检定室）防护门及迷道门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

（5）安装紧急停机按钮。治疗级γ辐射场（检定室）内南、西、北墙上以及控制台上均拟设置紧急停机按钮，同时拟在急停按钮下方设置急停使用说明，确保出现紧急事故或者有人员误留辐射场时，能通过按下急停按钮使放射源立刻降回储源位，立即停止照射。

（6）视频监控。公司拟在治疗级γ辐射场（检定室）内的西南角及东北角上安装视频监控摄像头，视频监控显示屏拟设置于操作台，以便辐射工作人员在控制台可以观察到辐射场内的情况，避免有人误留情况下出现误照射。

（7）红外检测系统。公司拟在治疗级γ辐射场的迷道内以及检定室内安装人员

驻留红外识别系统（南墙及北墙上各安装2个识别探头），该系统可自动识别迷道内或者辐射场内是否有人员经过或停留，如识别到人员经过或停留，则γ射线检定装置自动停止出束，从而避免人员受到意外照射。

（8）固定式剂量监测仪。本项目治疗级γ辐射场拟安装固定式剂量仪，拟在辐射场内西墙、东墙以及控制室操作台上各安装一个剂量监测探头，剂量显示位于操作台上，每次辐射工作人员进入辐射场之前，均应先确认辐射场内辐射水平降至正常水平后，方可打开防护门进入辐射场。

（9）断电自动归位装置。本项目治疗级γ辐射装置出束检定时，若出现“断电”状况，此时放射源如果处在照射状态下，断电后将自动回到储源状态，出束快门自动关闭，出源控制开关关闭，避免误照射。

（10）公司拟在控制室入口门及辐射场（检定室）的防护门上均设置门锁，拟采用双人双锁管理，拟在辐射场内安装视频监控对放射源进行监控，监控室拟设于一层西侧入口处，拟派值班人员24h监控放射源以及人员进出情况；同时监控与公安联网，并拟设红外报警装置，以确保放射源的安全。

（11）公司拟在治疗级γ辐射场西墙与控制室之间设电缆穿线管，电缆管道尺寸为φ100mm，电缆管道埋地深约400mm，避开主射线方向，电缆管口设计可保证射线至少经过三次以上散射方能到达辐射场屏蔽墙外，不影响墙体的防护效果。

（12）公司拟在治疗级γ辐射场西南角及东北角分别设送风口及排风口，管道尺寸Φ315，拟采用U型埋地方式穿墙，埋地深度410mm，避开主射线方向，通风管道埋地设计可保证射线至少经过三次以上散射方能到达辐射场屏蔽墙外，不影响墙体的防护效果。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废治理

1. 放射性三废

本项目无放射性废水及放射性废气产生，放射性固废主要为达到使用年限后退役的^{60}Co废弃源，根据环境保护部第18号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十九条---使用I类、II类、III类放射源的单位应当在放射源闲置或者废弃后三个月内，按照废旧放射源返回协议规定，将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。确实无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交具备相应资质的放射性废

物集中贮存单位贮存。公司已承诺在本项目 ^{60}Co 放射源在达到使用年限后，将交由原生产厂家回收，详见附件 4，此举满足废弃放射源管理要求。企业在购置放射源时即与放射源供应方签订废旧放射源返回协议，由放射源生产厂家负责放射源退役后的回收。

2. 非放射性三废

本项目产生的非放射性三废主要为臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x），本项目 X 射线检定装置及治疗级 γ 射线检定装置工作过程中使辐射场内的空气电离，从而产生臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x）。

中检世标（南通）计量检测有限公司拟在 X 射线辐射场东南角顶部预留一个送风口，拟采用管道引至地面用地下 U 型穿墙方式穿出南墙，穿墙管道尺寸为 φ315mm，埋地深 410mm；同时拟在西北角底部设一个排风口，排风管道拟采用地下 U 型方式穿出北墙，排风管道尺寸为 φ315mm，埋地深 410mm，拟在辐射场（检定室）内拟设 1 台机械通风装置，送风口及排风口位置详见附图 5，能够满足“上进下出、对角设置”的要求。同时拟在 X 射线辐射场东北墙顶部预留一个空调孔洞，直径约为 63mm，后期接通管道后拟采用混凝土进行封堵，以避免破坏辐射场墙体的屏蔽效果。

本项目拟在治疗级 γ 辐射场西南角顶部预留一个送风口，拟采用管道引至地面用地下 U 型穿墙方式穿出南墙，穿墙管道尺寸为 φ315mm，埋地深 410mm；同时拟在东北角底部设一个排风口，排风管道拟采用地下 U 型方式穿出北墙，排风管道尺寸为 φ315mm，埋地深 410mm，拟在辐射场（检定室）内拟设 1 台机械通风装置，送风口及排风口位置详见附图 5，能够满足“上进下出、对角设置”的要求。同时拟在治疗级 γ 辐射场西北墙顶部预留一个空调孔洞，直径约为 63mm，后期接通管道后拟采用混凝土进行封堵，以避免破坏辐射场墙体的屏蔽效果。

本项目 X 射线辐射场（检定室）体积约为 292m^3，治疗级 γ 辐射场（检定室）体积约为 417m^3，本项目两个辐射场的风机风量均约为 2100m^3/h，能够满足“每小时有效通风换气次数不小于 3 次”的要求。本项目两个辐射场内在检定过程中产生的少量臭氧和氮氧化物通过机械通风装置排放到室外，臭氧在常温下可以自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线辐射场及治疗级 γ 辐射场为混凝土整体浇筑结构，在建设过程中将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，对环境会产生如下影响：

(1) 大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2) 噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3) 固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

(4) 废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

1 辐射环境影响分析

1.1 X 射线辐射场辐射环境影响预测

本项目拟在 X 射线辐射场内配备一台 X 射线（中能）检定装置，装置型号为 NDI 320/26，管电压最大为 320kV，管电流最大为 13.5mA，主射线方向朝向西墙照射，本次评价选取 X 射线（中能）检定装置最大管电压及最大管电流的工况进行预测，其最大管电压为 320kV，管电流为 13.5mA，拟将辐射场（检定室）西墙按照有用射束照射进行估算，将辐射场（检定室）东墙、南墙、北墙、防护门按照非有用线束照射进行预测计算，预测时 X 射线检定装置离地距离为 1.25m。计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

1.1.1 理论预测公式

（1）有用射束方向屏蔽效果预测公式

辐射场（检定室）预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{……（11-1）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线检定装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录图 B.1 曲线。

（2） 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

①泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{……（11-2）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，取值参考工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，在 320kV 下铅的 TVL，再按公式（11-3）计算得出；

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

式中：X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的什值层厚度。

②散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{……（11-4）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线检定装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1；

B：屏蔽透射因子，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 2 确定 90° 散射辐射的射线能量，按公式（11-3）计算得出；

F：R_0 处的辐射野面积，m²；

α：散射因子，入射辐射被单位面积（1 m²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以用水的α值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；

R_s：散射体至关注点的距离，m；

R_0：辐射源点（靶点）至被检仪器的距离，m。

1.1.2 屏蔽计算结果

（1） 理论计算结果

表 11-1 辐射场（检定室）有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度（mm）	I（mA）	$H_0$① μSv·m²/(mA·h)	B②	R③（m）	$\dot{H}$（μSv/h）	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
西墙	1400 砼	13.5	$21.4\times60\times10^{3}$	1.0×10^{-14}	10.6	**＜0.001**	2.5	满足

①H_0：取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》附录表 B.1，保守以 300kV 及 400kV 下 X 射线管输出量较大值进行插值；

②B《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.2 十值层：100mm 混凝土计算得来；

③$R_{西墙}$=出束口到西墙的距离 8.9m+墙厚 1.4m+参考点 0.3m=10.6m。

表 11-2 X 射线辐射场（检定室）非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		东墙	防护门	南墙	北墙	顶部
X 设计厚度（mm）		500 砼	25mmPb+4mmFe	500 砼	500 砼	500 砼
泄漏辐射	TVL（mm）	100	6.2	100	100	100
	B	1.00×10^{-5}	9.28×10^{-5}	1.00×10^{-5}	1.00×10^{-5}	1.00×10^{-5}
	$\dot{H}_L$(μSv /h)	5×10^{3}				
	R*（m）	2.40	2.40	4.45	4.45	3.35
	$\dot{H}$(μSv /h)	0.009	0.081	0.003	0.003	0.004
散射辐	散射后能量对应的 kV 值	250				
	TVL（mm）	90	2.9	90	90	90
	B	2.78×10^{-6}	2.40×10^{-9}	2.78×10^{-6}	2.78×10^{-6}	2.78×10^{-6}

射	I（mA）	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	H_0 (μSv·m²/(mA·h))	21.4、60×10³				
	F (m²)	（数据取至《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2）				
	α	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$取$\frac{1}{50}$				
	R_0（m）					
	R_s^*（m）	2.40	2.40	4.45	4.45	3.35
	$\dot{H}$(μSv /h)	0.167	<0.001	0.049	0.049	0.086
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)		0.176	0.081	0.052	0.052	0.090
剂量率参考控制水平(μSv/h)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

*R 东墙、防护门=出束口到东墙的距离 1.6m+墙厚 0.5m–参考点 0.3m=2.40m
R 南墙、北墙=出束口到南/北墙的距离 3.65m+墙厚 0.5m +参考点 0.3m=4.45m
R 顶部=出束口到顶部的距离 2.55m+墙厚 0.5m +参考点 0.3m=3.35m

从表 11-1 与表 11-2 中预测结果可知，当本项目 X 射线检定装置满功率运行时，其四周墙体、防护门外的最大辐射剂量率约为 0.176μSv/h，顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.090μSv/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h 及无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100μSv/h”的要求。

（2）天空反散射分析

本项目 X 射线检定装置满功率运行时，固定式 X 射线探伤铅房探伤室顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.090μSv/h，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，因此其天空反散射能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

1.2 治疗级 γ 辐射场辐射环境影响预测

本项目治疗级 γ 辐射场（检定室）拟配备一枚活度为 2.96×10^{13}Bq 的 ^{60}Co 放射源。其出束方向固定朝东墙，并且拟采用准直器对射束进行准直。因此，本次评价拟将东墙按照主射线方向进行计算，拟将西墙、防护门、南墙、北墙及屋顶均按照非有用射束照射进行估算，预测 γ 放射源离地取 1.25m。

1.2.1 有用线束屏蔽效果预测

对于主射线方向东墙，其计算模式采用《辐射防护导论》（方杰编）P76 γ 点源

空气比释动能率计算公式（11-5），计算出无屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率 $\dot{K}$：

$$\dot{K}_0 = \frac{A \cdot \Gamma_K}{r^2} \quad \text{…（公式 11-5）}$$

式中：$\dot{K}_0$----无屏蔽防护时，参考点的空气比释动能率，$\mu Gy \cdot h^{-1}$；

A ---- 放射源活度，Bq；

Γ_K ---- 空气比释动能常数，对 ^{60}Co Γ_K=0.312 mGy·m^2/GBq·h，取自《辐射防护导论》；

r ----参考点到放射源的距离，m；

根据《辐射防护导论》（方杰编）P96 公式（3.45）可以导出公式（11-6）：

$$\dot{K}_1 = \dot{K}_0 / N \quad \text{……（公式 11-6）}$$

式中：$\dot{K}_0$ ---辐射场中 r 处没有设置屏蔽防护时空气比释动能率，μGy/h；

$\dot{K}_1$ ---设置屏蔽层后 r 处的空气比释动能率，μGy/h；

N----减弱倍数，无量纲，N=10^n（n 为十值层数），十值层查《辐射防护导论》P89 附表 3.6，对混凝土为 20.3cm。

利用上述公式（11-5）计算有屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率 K。

表 11-3　有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

参数	取值、计算及设计厚度
	东墙
r (m)	13.4+1.4+0.3=15.1
A(Bq)	2.96×10^{13}
Γ_K （mGy·m^2/GBq·h）	0.312
无屏蔽体时参考点处空气比释动能率 $\dot{K}$ (μGy/h)	40519
屏蔽厚度（cm ）	140 砼
TVL（cm）	20.3 砼
减弱倍数 N	7.88×10^6
有屏蔽体时参考点处空气比释动能率 K (μGy/h)	**0.005**
控制值 K (μGy·h^{-1})	2.5
评价结果	满足

1.2.2 非有用线束屏蔽效果预测

对于本项目西墙、防护门、南墙、北墙及屋顶这些次屏蔽方向，主要考虑散射线及漏射线的影响。

对于漏射线影响，据企业提供材料（见附件 9），本项目存放 ^{60}Co 放射源的储源罐拟采用铅、钨合金进行防护，储源罐表面 5cm 处的空气比释动能率不超过 25μGy/h，能够满足《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）中“距离装有活度为 3.7×10^{10}Bq 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.2mGy/h。”的标准要求。

根据储源罐表面 5cm 处辐射剂量率以及距离平方反比公式，计算得到离储源罐最近的西墙外 30cm（距储源罐约 2.4m 处）的空气比释动能率约为 0.01μGy/h，再考虑屏蔽墙体的防护（50cm 混凝土）后，其空气比释动能率几乎可忽略。

因此，本项目非有用射束方向主要考虑散射线的辐射影响，散射线预测拟采用《辐射防护导论》（方杰编）P117 的 γ 射线散射屏蔽计算公式进行计算，计算结果见下表 11-4。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_M \cdot \alpha}{r_0^2 \cdot r_i^2} \times \eta$$

（公式 11-7）

式中：$\dot{H}_0$为离源 1m 处空气比释动能率，$\mu Gy \cdot h^{-1}$，取 $A \cdot \Gamma_K$

a 为散射面积，保守取被检仪器探头 $0.1m^2$；

a_m 为散射系数，根据《辐射防护导论》表 3.8，本项目 ^{60}Co 放射源 90°方向散射系数取 0.0009；

r_0 放射源到散射点（被检仪器）的距离，取 1m；

r 为关注点到散射点（被检仪器）的距离，m；

η 为混凝土及铅板对 ^{60}Co 在 90°方向散射线的透射比，查《辐射防护导论》中附图 23 及附图 25 得到。

表 11-4　非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

方位	北墙	南墙	西墙	顶部	防护门
墙体厚度	50cm 砼	50cm 砼	50cm 砼	50cm 砼	30mmPb+4mmFe
$\dot{H}_0$（μGy/h）	9.24E+06	9.24E+06	9.24E+06	9.24E+06	9.24E+06
a（m^2）	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
a_m	9.00E-04	9.00E-04	9.00E-04	9.00E-04	9.00E-04
r_0	1	1	1	1	1
r_i	4.45	4.45	2.40	3.35	2.40

η	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0005
$\dot{H}$ (μGy/h)	0.008	0.008	0.029	0.015	0.072
剂量率参考控制水平(μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足	满足

*r 东墙、防护门=散射点到墙体（铅防护门）的距离 1.6m+墙体厚 0.5m+参考点 0.3m=2.4m
r 南墙、北墙=散射点到墙体的距离 3.65m+墙体厚 0.5m +参考点 0.3m=4.45m
r 顶部=散射点到顶部的距离 2.55m+墙厚 0.5m+参考点 0.3m=3.35m

从表 11-3 及表 11-4 中预测结果可以看出，当本项目治疗级 γ 检定装置内 ^{60}Co 放射源以额定装源活度运行时，治疗级 γ 辐射场四周墙、顶部及铅防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.072μSv/h，能够满足本项目“辐射场各侧墙体外（人员可到达处）30cm 处的辐射剂量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

3.通风管道、电缆管道、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目两个辐射场的通风管道尺寸均为直径 315mm，管道埋地深约 410mm，通风管道采用地下 U 型穿墙方式，未破坏辐射场的屏蔽墙体；本项目两个辐射场的电缆管道直径 100mm，地下 U 型穿墙埋地深约 400mm，电缆管道的设置未破坏辐射场的屏蔽墙体。

本项目各辐射场的 X、γ 射线经过 U 型埋地管道至少会经过 3 次散射方能到达管道出口处，根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断本项目通风口及电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。本项目通风管道、线缆管道散射示意图见图 11-1。

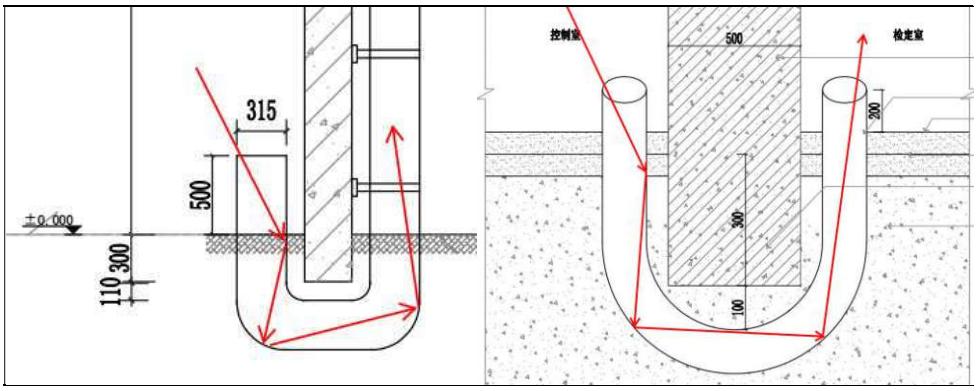

图 11-1　本项目辐射场通风管道、电缆管道散射示意图

本项目 X 射线辐射场（检定室）及治疗级 γ 辐射场（检定室）的防护门均拟采用双开门设计，防护门中间门缝处拟设计不少于 30mm 宽的“ㄣ”型搭接，以确保经过

门缝的射线需要通过 3 次以上散射方能穿出辐射场。同时门洞均拟设为 1.5m 宽×2.1m 高，防护门的尺寸均拟设为 1.7m 宽×2.2m 高，防护门左右各搭接 100mm，上侧及下侧各搭接 100mm；防护门与墙体之间的缝隙宽度均小于 10mm，防护门与墙体重叠部分不小于防护门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2 辐射工作人员和公众剂量估算

2.1 年有效剂量估算

对辐射工作人员和公众的受照辐射年剂量均按下式计算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \text{...（公式 11-8）}$$

式中：H_c：参考点的年剂量水平，mSv/a；

$\dot{H}_{c,d}$:参考点处剂量率，μSv/h；

t：检定装置年照射时间，h/a；

U：检定装置向关注点方向照射的使用因子；

T：人员在相应关注点驻留的居留因子。

2.2 辐射工作人员和公众剂量估算

（1）X 射线辐射场辐射工作人员及公众年有效剂量估算

一般情况下，本项目辐射工作人员工作时位于控制室的控制台处操作，公众主要为 X 射线辐射场周围评价范围内的人员。根据表 11-1 及表 11-2 估算结果，分别选取 X 射线辐射场各参考点处最大空气比释动能率值进行周剂量及年剂量估算，详见表 11-5 及表 11-6。

表 11-5 本项目 X 射线辐射场周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	周剂量估算值(μSv/周)	剂量约束值(μSv/周)	评价
1	东墙	1	1（控制室）	0.176	10	1.762	100（职业人员）	满足
2	防护门	1	1（控制室）	0.081	10	0.807		
3	南墙	1	1/4（走廊）	0.051	10	0.128	5（公众）	满足
4	西墙	1	1/4（检定室）	＜0.001	10	＜0.001		
5	北墙	1	1/4（走廊）	0.051	10	0.128		

6	顶部	1	1 （实验场所）	0.090	10	0.904		

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目 X 射线辐射场（检定室）周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 1.762μSv；公众周有效剂量最大值为 0.904μSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员周有效剂量不超过 100μSv，公众周有效剂量不超过 5μSv。

表 11-6　本项目 X 射线辐射场周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值（μSv/h）	年工作时间（h）	年剂量估算值(mSv/a)	目标管理值(mSv/a)	评价
1	东墙	1	1 （控制室）	0.176	500	0.088	5 （职业人员）	满足
2	防护门	1	1 （控制室）	0.081	500	0.040		
3	南墙	1	1/4 （走廊）	0.051	500	0.006	0.10 （公众）	满足
4	西墙	1	1/4 （检定室）	＜0.001	500	＜0.001		
5	北墙	1	1/4 （走廊）	0.051	500	0.006		
6	顶部	1	1 （实验场所）	0.090	500	0.045		

从表 11-5 中预测结果可知，本项目 X 射线辐射场周围辐射工作人员年有效剂量最大约为 0.088mSv；公众年有效剂量最大约为 0.045mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目年有效剂量约束的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.10mSv）。

对于二层试验场所的工作人员，居留因子取 1，计算得到其受到的周有效剂量约为 0.904μSv，年有效剂量约为 0.045mSv，另外考虑到本年项目到顶部二层距离约 3.7m，在经过距离衰减和二楼地面的防护外，其有效剂量将小于 0.045mSv/a（0.904μSv/周），能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值对周围公众的要求：公众年有效剂量不超过 0.10mSv，公众周有效剂量不超过 5μSv。

（2） 治疗级 γ 辐射场辐射工作人员及公众年有效剂量估算

本项目治疗级 γ 辐射场拟配备 2 名辐射工作人员，本项目运行后辐射工作人员的年有效剂量贡献值，主要包括两部分：①在待检仪器摆位及取出过程中，由于近距离接触治疗级 γ 检定装置而受到的装置漏射线的照射剂量；②治疗级 γ 检定装置正常

检定时，辐射工作人员受到的经过墙体和防护门屏蔽后的γ射线产生的照射剂量，此时辐射工作人员工作时位于控制室的控制台处操作。

第一部分有效剂量取辐射工作人员摆放和取走待检仪器时离治疗级 γ 检定装置的源容器约 2m，根据储源罐表面 5cm 处辐射剂量率（25μGy/h）以及距离平方反比公式，计算得到离储源罐 2m 处的空气比释动能率约为 0.016μGy/h，摆放及取出待检仪器时间保守估计每天约为 0.5h，则一年工作 50 周，250 天，其受照时间约为 2.5h/周，152h/a；2 名辐射工作人员轮流放置待检仪器作业，则每名辐射工作人员摆放及取出待检仪器过程中受到的有效剂量约为 0.02μSv/周，0.001mSv/a。第二部分有效剂量详见下表 11-6。

根据表 11-3 及表 11-4 估算结果，分别选取各治疗级γ辐射场参考点处最大空气比释动能率值进行年有效剂量估算，详见表 11-6。

表 11-6　本项目治疗级γ辐射场周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值（μSv/h）	年工作时间	年剂量估算值(mSv/a)	目标管理值(mSv/a)	评价
1	西墙	1	1（控制室）	0.029	500	0.014	5（职业人员）	满足
2	防护门	1		0.072	500	0.036		
3	东墙	1	1/4（检定室）	0.005	500	0.001	0.10（公众）	满足
4	南墙	1	1/4（走廊）	0.008	500	0.001		
5	北墙	1	1/4（过道）	0.008	500	0.001		
6	顶部	1	1（实验区域）	0.015	500	0.007		

从表 11-6 中预测结果可知，综合考虑两部分受照剂量后，本项目治疗级γ辐射场周围辐射工作人员年有效剂量最大约为 0.037mSv；公众年有效剂量最大约为 0.007mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目年有效剂量约束值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.10mSv）。

对于二层实验场所的工作人员，居留因子取 1，计算得到其受到的年有效剂量约为 0.007mSv，另外考虑到本年项目到顶部二层距离约 3.7m，在经过距离衰减和二楼地面的防护外，其年有效剂量将小于 0.007mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安

全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值对周围公众的要求：公众年有效剂量不超过 0.10mSv。

2.3 辐射场叠加辐射影响

本项目 X 射线辐射场与治疗级γ辐射场相邻建设，共用中间主屏蔽墙，防护级γ辐射场位于 X 射线辐射场东侧，中间用控制室/仪器物料间隔开，因此，本项目辐射工作人员主要考虑X射线辐射场与防护级γ辐射场中间的控制室/仪器物料间的叠加影响，公众主要考虑 X 射线辐射场与治疗级γ辐射场南侧、北侧以及顶部的叠加影响。

根据该单位防护级γ辐射场的竣工验收过程中的防护检测报告（详见附件 10）可知，防护级γ检定室四墙及防护门处剂量率最大约为 0.16μSv/h，按照年开机检定 500h，得到其年有效剂量最大约为 0.08mSv，再叠加 X 射线东墙外辐射工作人员的最大剂量率 0.176μSv/h，最大年有效剂量 0.088mSv。考虑叠加后，本项目各参考点位处的叠加剂量率及年有效剂量详见下表 11-7，其中公众的叠加最大处在顶部二层，辐射剂量率最大约为 0.105μSv/h，年有效剂量最大为 0.053mSv，控制室/仪器物料间叠加处的辐射剂量率最大约为 0.336μSv/h，辐射工作人员的叠加年有效剂量最大约为 0.168mSv，均能够满足本项目对于辐射工作人员及公众的剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.10mSv）。

表 11-7　叠加辐射剂量率及叠加年有效剂量一览表

点位	南墙叠加处（公众）	北墙叠加处（公众）	屋顶叠加处（公众）	控制室/仪器物料间叠加处（职业人员）
辐射剂量率（μSv/h）	0.060	0.060	0.105	0.336
年有效剂量（mSv/a）	0.007	0.007	0.053	0.168
年剂量约束值（mSv/a）	0.1	0.1	0.1	5
评价	满足	满足	满足	满足

事故影响分析

1 潜在事故分析

1.1 X 射线检定装置

1.1.1　事故类型

本项目 X 射线检定装置为 II 类射线装置，本项目 X 射线检定装置只有在开机检定时才产生 X 射线，X 射线检定事故多为开机误照射事故，主要有联锁装置故障以及

人为疏忽两类事故：

（1）由于安全联锁装置失灵，导致防护门未关闭时人员开机工作受到误照射；该类事故主要为联锁装置故障导致的。

（2）机器调试、检修时误照射。X 射线检定装置在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射；该类事故主要为人员疏忽、安全意识不足导致的。

（3）二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置受检仪器，而另一人误开机导致人员受到误照射；该类事故主要为人员疏忽、安全意识不足导致的。

1.1.2 事故后果预测分析

在上述事故中，铅防护门未完全关闭的情况下 X 射线机出束，致使检定室外人员受到照射，操作人员未全部撤离控制区即启动射线装置、或者操作人员/公众误入控制区受到照射，其均为超剂量照射事故，事故状态下人员受到照射主要为漏射线照射，人员受照剂量可由公式 11-9 估算得到。

$$D = \dot{D} \cdot t / r^2 \qquad \text{（公式 11-9）}$$

式中：D 为事故情况下人员所受最大个人剂量，mSv；

$\dot{D}$ 为距辐射源点 1m 处辐射剂量率，mGy·m2/h；

t 为人员受照时间，h；

r 为人员到辐射源点的距离，m。

本项目中 1m 处漏射线剂量率取 5mSv/h，事故状态下，人员在控制区受到超剂量照射时间最多按 5min 估算，人员距辐射源点的距离取 2m，则由式（11-8）可知，事故状态下人员受照剂量约 0.10mSv，低于职业人员的剂量约束值 5mSv/a。

1.2 治疗级 γ 射线检定装置

1.2.1 事故类型

本项目治疗级 γ 辐射场使用的 ^{60}Co 源为 II 类放射源，检定装置在使用过程中可能发生的事故主要有设备故障以及人为疏忽两类事故。

其中设备故障主要有两类：

（1）在检定过程中，检定室的门-机联锁失效，或铅防护门未完全关闭，至使射线泄漏到检定室外面，给辐射工作人员及周围活动的人员造成超剂量照射。

（2）γ 检定装置在使用过程中由于装置原因，导致卡源事故或者电气系统失控等事故。

（3）放射源出现破损，造成表面污染。

人为疏忽导致的事故主要有三类：

（1）在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射；

（2）二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置受检仪器，而另一人误开机导致人员受到误照射；或者开机前未按规定确认巡查是否有人滞留，导致人员滞留受到误照射。

（3）因人员疏忽、管理不当发生放射源丢失或被盗事故。

1.2.2 事故后果预测

参照《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》、《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，本项目使用的 ^{60}Co 源为 II 类放射源，该类放射源可能会发生特别重大辐射事故。经过分析，本项目可能发生最严重的事故为放射源裸源丢失或被盗事故，其余人员误留、误入或误照射等事故均能及时发现并停止照射。

根据公式 11-5，估算得到本项目放射源裸源状态下辐射影响预测结果见表 11-8。

表 11-8　放射源失控裸源状态下辐射影响预测结果

活度	0.5m 处剂量率	1m 处剂量率	2m 处剂量率	3m 处剂量率	5m 处剂量率	10m 处剂量率	24h 受照剂量
（Bq）	（Sv/h）						（Sv）
2.96×10^{13}	37.0	9.2	2.3	1.0	0.4	0.1	888

根据《辐射防护手册（第五分册）》P156-158，根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）中 5.4，脑型急性放射病的受照剂量为一次或者短时间（数日）大内接受＞50Gy 的全身均匀或比较均匀的电离辐射照射；受照射剂量为 50Gy~100Gy，病程为 2d 左右，受照射后出现站立不稳、步态蹒跚等共济失调现象，定向力和判断力障碍，肢体或眼球震颤，强直抽搐，角弓反张等征象。如受照剂量＞100Gy，则受照射后意识丧失，瞳孔散大，大小便失禁，休克，昏迷，很快死亡，病程经过仅为数小时。

（1）由表 11-8 可知，假如本项目 ^{60}Co 放射源在丢失、被盗失控后 24 小时内寻回，受到的最大剂量为 888Sv。由此可见，本项目使用 ^{60}Co 放射源如发生丢失、被盗失控，随时间推移，可能会出现导致人员死亡的事故。

（2）在卡源事故的情形下，维修人员距离放射源约 0.5m，预计手动回源时间不超过 5min，由于 γ 检定装置设有准直快门，主射束范围很小，维修人员主要受到散射线和漏射线的影响。

对于散射线影响，根据公式 11-7，储源装置到主射线墙的距离为 15m，计算得到该种情况下维修人员受照剂量率最大约为 3.70μSv/h，根据公式 11-8，受照时间为 5min，计算得到单次卡源处理的受照剂量为 0.31μSv。

对于漏射线，根据储源罐表面 5cm 处辐射剂量率（25uGy/h）以及距离平方反比公式，计算得到离储源罐 0.5m 处的空气比释动能率约为 0.25μSv/h，根据公式 11-8，受照时间为 5min，计算得到单次卡源处理的受照剂量为 0.02μSv。

在叠加考虑散射线及漏射线影响后，处理单次卡源事故所受的剂量约为 0.33μSv，小于本项目职业人员剂量约束值 5mSv/a，其辐射影响很小。

（3）假设人员误入检定室，人员与放射源距离不小于 1m，考虑其受到主射线照射的极端情况，工作人员在 2min 内发现并立即停止照射。参照表 11-8，工作状态下，人员误入治疗级 γ 辐射场剂量所受剂量约 307mSv，受照剂量已超过人员年剂量限值 20mSv，导致超剂量照射，可能会发生致癌、致突或致畸等随机性效应的发生。

2 辐射事故预防措施

本项目使用的 ^{60}Co 源为 II 类放射源，根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》、《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类放射源可能会发生特别重大辐射事故。本项目 X 射线检定装置为 II 类射线装置，其可能造成的事故主要为超剂量照射事故。

因此，中检世标（南通）计量检测有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

2.1 X 射线检定装置

针对本项目 X 射线检定装置可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

（1）定期检查安全防护设施防护性能，监测仪器及个人剂量报警仪等仪器是否正常运行，及时发现问题并解决，把安全隐患控制在萌芽状态。

（2）设备控制线路故障或机械故障时必须停止检定，经检修达到技术要求后方能进行使用。

（3）工作人员须经过辐射防护知识培训并取得合格证书，熟悉操作程序并正确操作设备。

（4）工作人员及维修人员须严格遵守各项操作规程，经常检查设备防护性能，及时处理和排除故障，保证设备正常运行。

2.2 放射源

针对本项目 ^{60}Co 放射源可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

（1）对于设备或者安全措施故障导致的辐射事故

如出现卡源事故，根据卡源位置，气缸泄气并关闭快门，辐射工作人员应立即封闭现场，通知专业技术人员进行维修，并派专人值守，防止无关人员进入事故现场。如需专业技术人员排除故障时，应配备铅衣、铅手套等个人防护用品及必要的剂量监测设备，增加专业人员操作，严格控制与放射源近距离操作的时间，以减少人员的受照剂量。

对于门-机联锁失效等联锁装置失效事故，公司应定期检查安全防护设施及联锁装置的防护性能，及时发现问题并解决，把安全隐患控制在萌芽状态。

对于放射源使用过程中出现破损，造成表面污染的情况，公司应定期使用表面污染仪对源容器外表面的非固定性放射性污染进行检测，检测 β 表面污染不得超过 $4Bq\cdot cm^{-2}$，α 不得超过 $0.4Bq\cdot cm^{-2}$，如果超过控制值，确认放射源存在破损、污染的情况，应该立即采取措施，封锁辐射场，通知生产厂家的专业技术人员进行处理。

（2）对于人为疏忽或管理不当导致的事故

主要包括人员误留或误闯辐射场（检定室）、维修过程中误开机或放射源掉落以及放射源被盗、丢失三类情况。

对此，公司应加强辐射安全管理，同时加强辐射工作人员的辐射防护知识以及安全意识的培训，确保辐射工作人员遵守操作规程，工作过程中任何人员不得进入辐射场（检定室），开机照射前巡检确认所有人员全部撤出辐射场（检定室）。

同时维修应由生产厂家的专业技术人员负责，配备沟通的相应设备确保维修时的沟通无阻，同时清理现场无关人员，以杜绝维修时辐射事故的发生。

一旦发生辐射事故，立刻停机收源，并对受照人员进行身体检查，确定是否造成伤害，以便采取相应救护措施。

对于放射性源的被盗与丢失，公司应采取有效措施加强管理，尤其是换源和维修期间的管理，防止放射源被盗或丢失；同时定期对治疗级γ检定装置储源容器表面进行辐射剂量监测，以确保放射源在贮存容器内，并排专人对放射源进行 24 小时监控与管理。

2 辐射事故处置方法及预防措施

中检世标（南通）计量检测有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

在发生辐射事故后：

（1）工作人员或操作人员应第一时间关停 X 射线检定装置、将治疗级γ检定装置的放射源降至储源位，然后启动应急预案；

（2）如果发生卡源事故，应立即封锁辐射场，控制辐射场区域，防止无关人员进入；

（3）立即向单位领导汇报；

（4）及时检查、估算受照人员的受照剂量，对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目使用的 ^{137}Cs 源为 III 类放射源。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 III 类放射源的单位，应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，并以文件形式明确管理人员职责。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。

中检世标（南通）计量检测有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确了管理人员职责。公司已配备有 2 名辐射工作人员（其中一名兼职辐射防护负责人），均已通过生态环境部培训平台上的线上考核；同时公司拟为本项目再增配 4 名辐射工作人员，4 名辐射工作人员均应取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核，辐射工作人员持有的原辐射安全培训合格证书到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

中检世标（南通）计量检测有限公司目前已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求制定了 III 类、V 类放射源相关的一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急预案等，公司还应针对本项目 X 射线辐射场的 II 类射线装置以及治疗级 γ 辐射场的 ^{60}Co II 类放射源制定相应的操作规程及岗位职责等制度，并在实际工作中公司不断对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度完善要点提出如下建议：

检定操作规程：明确 X 射线检定装置以及治疗级 γ 射线检定装置的辐射工作人员的资质条件要求、各装置的检定装置操作流程及检定过程中应采取的具体防护措施，重点是明确各检定装置具体操作步骤以及检定过程中必须进行的辐射安全检查及准备，对于治疗级 γ 射线检定装置，还应明确在完成检定后应关闭防护门、并双人双锁以往放射源被盗、丢失。

岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是X射线检定装置以及治疗级γ射线检定装置运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：明确X射线检定装置、治疗级γ射线检定装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保X射线检定装置、治疗级γ射线检定装置、剂量报警仪，辐射巡测仪等仪器设备保持良好工作状态。

人员培训计划：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：制订辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。对于辐射工作人员接受的剂量值超过个人剂量约束值的，需立即查明原因，采取改进措施，并根据要求上报发证的生态环境主管部门。

台账管理制度：对X射线检定装置以及治疗级γ射线检定装置的使用情况进行登记，标明每次使用的时间、时长、装置使用的情况等，对X射线检定装置以及治疗级γ射线检定装置使用登记进行严格管理。

事故应急预案：依据《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》的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在1小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

辐射监测

公司使用的X射线检定装置为II类射线装置，使用的^{60}Co源为II类放射源，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少1台环境辐射剂量巡测仪，以满足射线装置日常运行时，对X射线辐射场以及治疗级γ辐射场检定室周围辐射剂量率进行巡测。

公司已配备有1台RJ32-3602型辐射剂量巡测仪和2台RJ31-1155型个人剂量报警仪，公司计划另为本项目配备1台表面污染仪及4台个人剂量报警仪，能够满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的关于仪器配备的相关要求。

公司应定期（不少于1次/年）请有资质的单位对各辐射工作场所和周围环境的辐

射水平进行监测；在开展仪器检定时，公司应定期对各辐射场周围的辐射水平以及治疗级γ射线检定装置源容器的表面污染水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均应佩带个人剂量计监测累积剂量，定期（每1个月/次，最长不超过3个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。公司应定期（不少于2年/次）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司应对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告，同时上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，中检世标（南通）计量检测有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容包括：

（1）应急机构和职责分工；

（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）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

中检世标（南通）计量检测有限公司目前已制定有辐射事故应急预案，公司还应针对本项目X射线辐射场以及治疗级γ辐射场对辐射事故应急预案进行补充，结合两个辐射场的运行情况，根据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求完善辐射事故应急预案，明确人员职责分工，对应急人员的组织、培训和应急方案进行完善，并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

中检世标（南通）计量检测有限公司厂区地址位于南通市崇川区长兴路 398 号，公司厂区东侧依次为园区道路、停车位及南通通机股份有限公司厂房，南侧依次为园区道路及佳艾普科技（江苏）有限公司厂房，西侧依次为园区道路、停车位及芦泾河，北侧为依次为园区道路及华灯高节能技术（江苏）有限公司厂房。

本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建于公司厂房一楼中部，2 座辐射场拟建址东侧为控制室/仪器物料间及防护级 γ 辐射场，南侧为文化展厅、走廊及备用办公区，西侧依次为控制室/仪器物料间、备用间及待检仪器间等场所，北侧为公司过道。本项目一层高 8m，辐射场高 4.3m，辐射场顶部 3.7m 空间空置人员不可到达，楼上二层为热释光测量室、氡测量室、激光铀分析室、α 谱仪室、径迹分析室、更衣室、二次离子质谱仪室、过道以及放射化学实验室等实验场所。

本项目 X 射线辐射场以及治疗级 γ 辐射场拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。

1.2 项目分区及布局

中检世标（南通）计量检测有限公司本项目 X 射线辐射场及治疗级 γ 辐射场均包含辐射场（检定室）、控制室/仪器物料间。本项目拟将 X 射线辐射场的辐射场（检定室）以及治疗级 γ 辐射场的辐射场（检定室）及迷道作为辐射防护控制区，公司拟在防护门明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，检定时任何人不得进入；拟将 X 射线辐射场及治疗级 γ 辐射场的控制室/仪器物料间作为辐射防护监督区，检定时无关人等不得进入,其辐射防护分区均能够符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

1.3 辐射安全措施

本项目 X 射线辐射场（检定室）防护门拟设置钥匙开关及门机联锁装置；X 射线辐射场（检定室）防护门外上方拟设置工作状态指示灯；X 射线辐射场（检定室）拟设置照射状态指示装置与 X 射线检定装置进行联锁；辐射场（检定室）防护门外拟设

置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；X 射线辐射场（检定室）内东、南、北墙上以及控制台上均拟设置紧急停机按钮；X 射线辐射场（检定室）内拟安装视频监控及红外识别系统；X 射线辐射场（检定室）内及操作台上拟安装固定式剂量监测探头。公司拟在 X 射线辐射场（检定室）控制室入口门及辐射场（检定室）的防护门上均设置门锁，只有被授权的辐射工作人员才能进入控制室操作。

本项目治疗级 γ 辐射场（检定室）操作台拟设钥匙开关（钥匙与一台辐射报警仪串结在一起）；治疗级 γ 辐射场（检定室）防护门及迷道门均拟设置门机联锁装置；治疗级 γ 辐射场（检定室）防护门及迷道门外上方拟设置工作状态指示灯；治疗级 γ 辐射场（检定室）防护门及迷道门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；治疗级 γ 辐射场（检定室）内南、西、北墙上以及控制台上均拟设置紧急停机按钮；治疗级 γ 辐射场（检定室）内拟安装视频监控；治疗级 γ 辐射场（检定室）内及迷道内均拟按照红外识别系统；治疗级 γ 辐射场（检定室）内拟安装固定式剂量监测仪及断电自动归位装置。公司拟在治疗级 γ 辐射场的控制室入口门及辐射场（检定室）的防护门上均设置双锁，拟采用双人双锁管理，同时拟在辐射场安装视频监控对放射源进行 24h 监控，并拟设红外报警装置，以确保放射源的安全。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

1.4 辐射安全管理

公司已成立辐射防护管理机构，以文件的形式明确各成员管理职责，并拟根据本报告表要求对已制定的辐射安全管理制度进行补充完善。公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，均应取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核；同时辐射工作人员均应进行个人剂量监测和职业健康体检，并建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

公司已配备有 1 台 RJ32-3602 型辐射剂量巡测仪和 2 台 RJ31-1155 型个人剂量报警仪，还拟为本项目配备 1 台表面污染仪及 4 台个人剂量报警仪，此举能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目 X 射线辐射场（检定室）内净尺寸为 10.5m（长）×7.3m（宽）×3.8m（高），辐射场西侧屏蔽墙拟采用 1400mm 混凝土浇筑，东、南、北侧屏蔽墙均拟采用 500mm 混凝土浇筑；屋顶拟采用 500mm 混凝土浇筑；防护门拟采用 25mmPb+4mmFe。

本项目治疗级γ辐射场（检定室）内净尺寸为 15m（长）×7.3m（宽）×3.8m（高），辐射场东侧屏蔽墙拟采用 1400mm 混凝土浇筑，南、西、北侧屏蔽墙均拟采用 500mm 混凝土浇筑；屋顶拟采用 500mm 混凝土浇筑；防护门拟采用 30mmPb+4mmFe。

根据理论预测结果，本项目 X 射线辐射场及治疗级γ辐射场运行后，各辐射场（检定室）周围的辐射剂量率均能够满足本项目“辐射场各侧墙体外 30cm 处的辐射剂量率应不大于 2.5μSv/h”的限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目 X 射线辐射场及治疗级γ辐射场投入运行后辐射工作人员和周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.10mSv。

2.3 三废处理处置

公司已承诺在本项目 ^{60}Co 放射源达到使用年限后，将交由原生产厂家回收，此举满足废弃放射源管理要求。

本项目 X 射线检定装置及治疗级γ检定装置在工作时产生的 X 射线及γ射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过机械通风排出辐射场，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，中检世标（南通）计量检测有限公司扩建 X 射线及治疗级γ射线辐射场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，该公司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。

建议和承诺

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3）项目建成后企业应及时重新申领辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定进行自主环境保护验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	验收要求	投资（万元）
辐射安全管理机构	公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置及II类放射源的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求	/
辐射安全和防护措施	本项目X射线辐射场（检定室）内净尺寸为10.5m（长）×7.3m（宽）×3.8m（高），辐射场西侧屏蔽墙拟采用1400mm混凝土浇筑，东、南、北侧屏蔽墙均拟采用500mm混凝土浇筑；屋顶拟采用500mm混凝土浇筑；防护门拟采用25mmPb+4mmFe。 本项目治疗级γ辐射场（检定室）内净尺寸为15m（长）×7.3m（宽）×3.8m（高），辐射场东侧屏蔽墙拟采用1400mm混凝土浇筑，南、西、北侧屏蔽墙均拟采用500mm混凝土浇筑；屋顶拟采用500mm混凝土浇筑；防护门拟采用30mmPb+4mmFe。	X射线辐射场及治疗级γ辐射场运行后周围及顶部的辐射剂量率均能够满足本项目“辐射场各侧墙体外（人员可到达处）30cm处的辐射剂量率应不大于2.5μSv/h”的要求	300
	本项目X射线辐射场（检定室）防护门拟设置钥匙开关及门机联锁装置；X射线辐射场（检定室）防护门外上方拟设置工作状态指示灯；X射线辐射场（检定室）拟设置照射状态指示装置与X射线检定装置进行联锁；辐射场（检定室）防护门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；X射线辐射场（检定室）内东、南、北墙上以及控制台上均拟设置紧急停机按钮；X射线辐射场（检定室）内拟安装视频监控及红外识别系统；X射线辐射场（检定室）内及操作台上拟安装固定式剂量监测探头。公司拟在X射线辐射场（检定室）控制室入口门及辐射场（检定室）的防护门上均设置门锁，只有被授权的辐射工作人员才能进入控制室操作。 本项目治疗级γ辐射场（检定室）操作台拟设钥匙开关（钥匙与一台辐射报警仪串结在一起）；治疗级γ辐射场（检定室）防护门及迷道门均拟设置门机联	满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）、《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）等相关标准中辐射安全措施的相关要求	99

	锁装置；治疗级γ辐射场（检定室）防护门及迷道门外上方拟设置工作状态指示灯；治疗级γ辐射场（检定室）防护门及迷道门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；治疗级γ辐射场（检定室）内南、西、北墙上以及控制台上均拟设置紧急停机按钮；治疗级γ辐射场（检定室）内拟安装视频监控；治疗级γ辐射场（检定室）内及迷道内均拟按照红外识别系统；治疗级γ辐射场（检定室）内拟安装固定式剂量监测仪及断电自动归位装置。公司拟在治疗级γ辐射场的控制室入口门及辐射场（检定室）的防护门上均设置双锁，拟采用双人双锁管理，同时拟在辐射场安装视频监控对放射源进行 24h 监控，并拟设红外报警装置，以确保放射源的安全。 公司拟在治疗级γ辐射场的控制室入口门及辐射场（检定室）的防护门上均设置双锁，拟采用双人双锁管理，同时拟在辐射场安装视频监控对放射源进行 24h 监控，并拟设红外报警装置，以确保放射源的安全。		
人员配备	公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，辐射工作人员均应取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核。 本项目拟配备的 4 名辐射工作人员均已开展个人剂量检测，送检周期为三个月，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案 本项目拟配备的 4 名辐射工作人员均已定期进行职业健康体检，体检周期为两年，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和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求	定期投入
监测仪器和防护用品	公司已配备 1 台辐射剂量巡测仪，拟为本项目再配备 1 台表面污染仪及 4 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》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	1

辐射安全管理制度	公司已制定了一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案	/

以上措施必须在项目运行前落实。

表 14　审批

下一级环保部门预审意见：   公 章 经办人　　年　月　日
审批意见   公 章 经办人　　年　月　日