

# 目 录

表 1 项目基本概况 .....	1
表 2 放射源 .....	3
表 3 非密封放射性物质 .....	3
表 4 射线装置 .....	4
表 5 废弃物 .....	5
表 6 评价依据 .....	6
表 7 保护目标与评价标准 .....	8
表 8 环境质量和辐射现状 .....	11
表 9 项目工程分析与源项 .....	13
表 10 辐射安全与防护 .....	18
表 11 环境影响分析 .....	27
表 12 辐射安全管理 .....	27
表 13 结论与建议 .....	40
表 14 审批 .....	42

## 附图附件

### 附件

附件 1：委托书

附件 2：辐射安全培训承诺书

附件 3：现状监测报告

附件 4：RTG6000 集装箱/车辆检查系统出厂检测报告

附件 5：辐射管理制度

附件 6：专家个人意见

附件 7：专家组评审意见及签到表

附件 8：长沙市环保局预审意见

### 附图

附图 1：项目地理位置示意图

附图 2：设备安装地点在长沙北货场的位置示意图

附图 3：现场照片

### 附表

建设项目环评审批基础信息表

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		中华人民共和国长沙海关核技术利用新建项目				
建设单位		中华人民共和国长沙海关				
法人代表		黎对贞	联系人	黄敦洋	联系电话	17307320765
注册地址		湖南省长沙市雨花区东二环 1 段 678 号				
项目建设地点		长沙市开福区长沙货运中心长沙北货场				
立项审批部门		-		批准文号	-	
建设项目总投资 (万元)		1500	项目环保投资 (万元)	223	环保投资比例	14.9%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m <sup>2</sup> )	532
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 type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input 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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他	-					
<p><b>(一) 建设单位概况</b></p> <p>长沙北货场于 2008 年 10 月 16 日开工建设，货运量按近期每年 500 万吨、远期每年 2000 万吨设计建设，总投资 5.3 亿元，占地 880 亩，是目前湖南省境内规模最大的铁路货场。长沙北货场位于长沙市金霞经济开发区，与当地快速发展的公路、水运、航空相互呼应，形成了独特的立足长沙、影响湖南、辐射全国的立体交通运输物流网络平台。长沙北货场的建成将大幅提升长沙地区货物的集散和输运能力。</p> <p>为了加快货物的安检速度，实现安全监控技术和管理水平的快速提升，中华人民共和国长沙海关（以下简称“长沙海关”）决定在长沙北货场安装一台北京华力兴科技发展有限公司生产的 RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统。</p> <p>RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统是华力兴科技发展有限公司研制的一种大型安检设备。可满足各种车辆、海运集装箱等的查验需求，适合于港口、陆路口岸、机场等场所的大型车辆检查，能大大提高安检效率，降低劳动强度及人员成本。该产品采用 X 射线辐射成像技术，得到物体内部不同密度物质的分布图像，从而可以区分</p>						

出货物中是否掺杂有错报、违禁、危险品等，达到货物查危的目的。该产品采用最高能量 7.5MeV 的电子感应加速器。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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》等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，中华人民共和国长沙海关核技术利用新建项目应进行辐射环境影响评价并编制辐射环境影响报告表。为此，长沙海关委托核工业二三〇研究所对该项目进行辐射环境影响评价(见附件 1)。接到委托后，我单位组织专业技术人员对现场进行了调查、监测和资料收集工作，编制完成了《中华人民共和国长沙海关核技术利用新建项目环境影响报告表》。

湖南省环保厅于 2018 年 5 月 23 日在长沙召开了《中华人民共和国长沙海关核技术利用新建项目环境影响报告表》技术评审会。会上形成专家意见（见附件），评价单位和建设单位会后按照专家意见对报告进行了修改，形成《中华人民共和国长沙海关核技术利用新建项目环境影响报告表》（报批稿）。

### （三）项目建设规模

- 1.项目名称：中华人民共和国长沙海关核技术利用新建项目。
- 2.建设单位：中华人民共和国长沙海关。
- 3.建设地点：长沙市开福区长沙北货场。
- 4.建设内容：安装 1 套 RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统。
- 5.建设情况：新建。
- 6.辐射工作人员配置情况及工作制度：工作人员由管理人员和操作人员组成，管理人员每班 1 名（两班制，共计 2 人），操作人员每班至少 2 人（4 班 3 运转，共计 8 人）。
- 7.司机：本项目驾驶被检查车辆的司机均非固定司机，所以不列为辐射工作人员。

### （四）周边环境概况

本项目位于长沙市开福区长沙北货场。长沙北货场购置了 1 套 RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统，安置在长沙北货场海关监管场所，设备安装场地西侧和东侧都是空地，北侧为三台龙门吊（距离约 40m）和海关查验大厅（后期会拆除），南侧为铁路和一座物流仓库。项目地理位置见附图 1，周边环境关系见附图 2。

**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
-	-	-	-	-	-	-	-	-

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	贮存方式和地点
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	集装箱检查系统	II类	1	RTG6000	电子	7.5	5.8 Gy/h	货物检查	长沙北货场海关监管场所	

(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

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
-	-	-	-	-	-	-	-	-

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**

<p style="text-align: center;"><b>法规文件</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订，2015 年 1 月 1 日施行）；</li> <li>2. 《中华人民共和国环境影响评价法》（2016 年修订，2016 年 9 月 1 日施行）；</li> <li>3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）；</li> <li>4. 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起施行）；</li> <li>5. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，2014 年 7 月 29 日修订施行）；</li> <li>6. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环保部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日起施行）；</li> <li>7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 3 号，2008 年 11 月 12 日修订实施）；</li> <li>8. 《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 日起实施）；</li> <li>9. 《射线装置分类》（环保部公告[2017]第 66 号，2017 年 12 月 5 日发布）；</li> <li>10. 《放射工作人员健康管理暂行办法》（卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）；</li> <li>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》（环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日）。</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>技术标准</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</li> <li>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）；</li> <li>3. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</li> <li>4. 《放射工作人员职业健康监护技术规范》（GBZ235—2011）；</li> <li>5. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）；</li> <li>6. 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；</li> </ol>

	<p>7. 《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ2.1-2007);</p> <p>8. 《放射工作人员健康要求》(GBZ98-2017);</p> <p>9. 《环境地表<math>\gamma</math>辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93);</p> <p>10. 《辐射环境监测技术规范》(HG/T61-2001);</p> <p>11. 《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》GBZ 143-2015</p>
其他	<p>1. 李德平 潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》《辐射防护手册第三分册 辐射安全》，原子能出版社，1987年；</p> <p>2. 《辐射防护》(第11卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究,湖南省环境监测中心站)</p> <p>3. 甲方提供的其他资料。</p>

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》(HJ10.1-2016)中的相关规定,“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(无实体边界项目视具体情况而定,应不低于 100m 的范围),对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”。本项目属于 II 类射线装置的项目,具有实体边界,因此,本项目评价范围为设备边界外 50m 范围,评价范围均在长沙北货场红线范围内。项目评价范围见图 7-1。

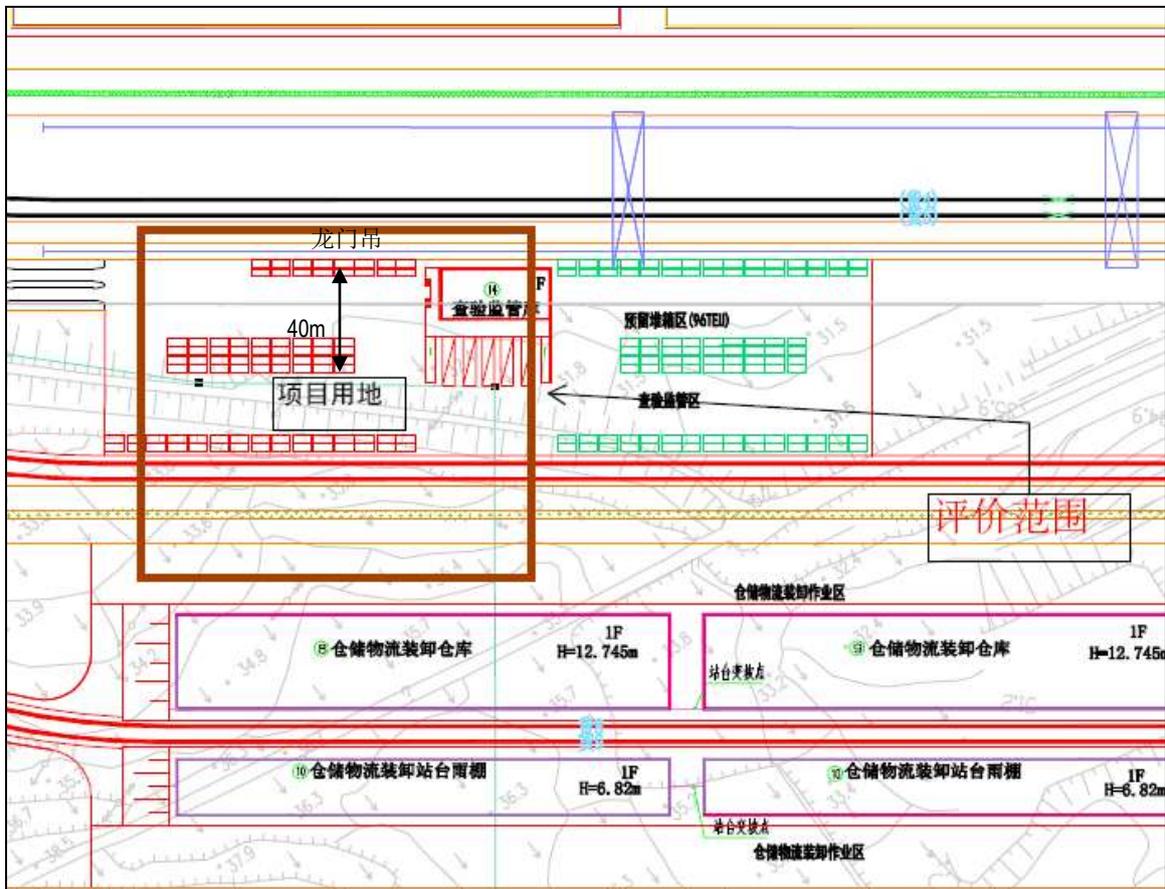


图 7-1 项目评价范围示意图

保护目标

本项目环境保护目标为:设备实体边界周围 50m 评价范围内的人员。根据现场勘探,

长沙北货场购置了 1 套 RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统，安置在长沙北货场海关监管场所，设备安装场地西侧和东侧都是空地，北侧为三台龙门吊（距离约 40m）和海关查验大厅（后期会拆除），南侧为铁路和一座物流仓库（距离核技术利用设备超过 50m）。项目环境保护目标详见下表：

表 7-1 环境保护目标一览表

序号	保护目标	人数	是否属于辐射工作人员
1	设备操作人员及管理人员	10 人	是
2	车队司机（非固定司机）	100 人/日	否
3	三台龙门吊操作人员	9 人	否

## 评价标准

### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

附录 B 剂量限值 and 标明污染控制水平

#### B1 剂量限值

##### 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；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

根据本核技术利用项目情况，本项目中从事设备操作的人员年有效剂量管理目标值为 2mSv。

##### 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；

b) 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;

c) 眼晶体的年当量剂量, 15mSv;

d) 皮肤的年当量剂量, 50mSv。

本项目中, 放射工作场所周围非职业工作人员及其他人员接受的年有效剂量管理目标值为 0.1mSv。

## (2) (GBZ 143-2015)《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》

①无建筑物屏蔽的移动式检查系统中的加速器辐射源箱, 加速器泄漏率应不大于  $2 \times 10^{-5}$ ; 其他情况下应不大于  $1 \times 10^{-3}$ 。

②检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

③对于有司机驾驶的货运车辆或列车的检查系统, 驾驶员位置一次通过的周围剂量当量应不大于  $0.1 \mu\text{Sv}$ 。

结合以上标准的要求, 本评价设立的控制目标分别为:

(1) 对系统操作人员职业照射的剂量不超过 2mSv/年;

(2) 对设备周边公众的剂量约束值不超过 0.1mSv/年;

(3) 驾驶员位置一次通过的周围剂量当量应不大于  $0.1 \mu\text{Sv}$  /次;

(4) 安检系统边界的周围剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

(一) 项目地理和场所位置

本项目位于长沙海关长沙北货场。长沙北货场购置了 1 套 RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统，安置在长沙北货场海关监管场所，设备安装场地西侧和东侧都是空地，北侧为三台龙门吊和海关查验大厅（后期会拆除），南侧为铁路和一座物流仓库。项目地理位置见附图 1，周边环境关系见附图 2。

(二) 辐射现状监测方案

为了解项目场址及其周围的辐射环境背景水平，根据《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993) 和《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 中有关布点原则，核工业二三〇研究所工作人员于 2018 年 5 月 14 日项目场址进行了环境  $\gamma$  辐射测量（见附件 3）。

监测因子：X- $\gamma$  空气吸收剂量率

监测点位：在拟建项目场址处及四周共布置了 5 个监测点。

监测点位布置见图 8-1。

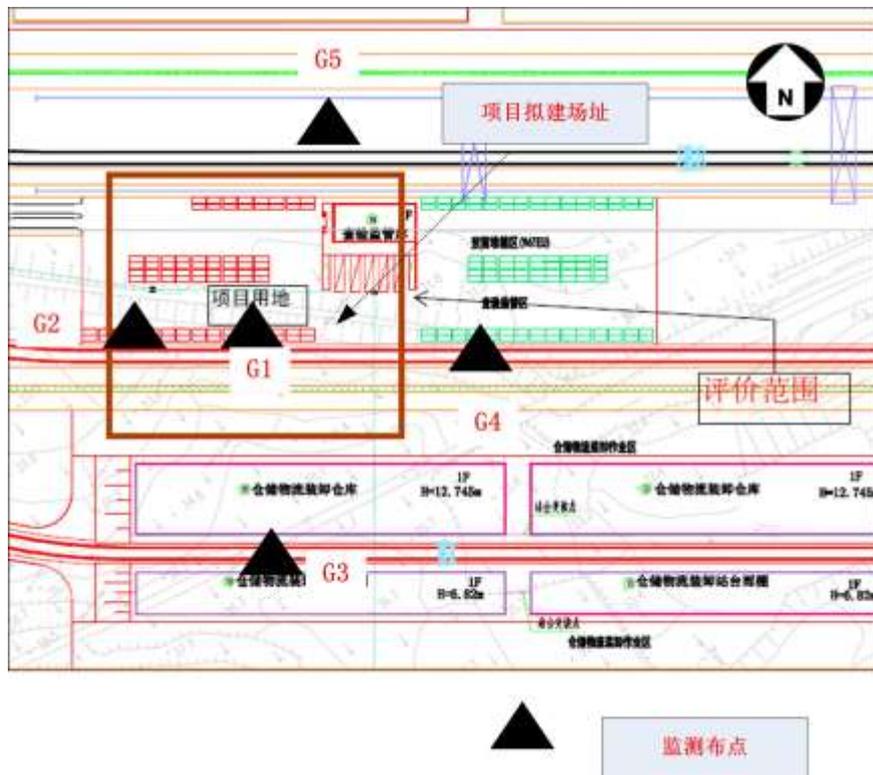


图 8-1 监测点位示意图

监测日期：2018年5月14日。

监测仪器：JB-4000型X-γ辐射剂量率仪。

监测方法：采取γ外照射测量探头（探测器灵敏体积中心）距地面1m高度，每个测点读取5个数据求平均值。

质量保证措施：①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。③每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。⑤监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

### （三）辐射现状监测结果

项目所在场址辐射环境监测结果见下表。

表 8-1 项目所在场址本底监测结果一览表

序号	监测位置	空气比释动能率（μSv/h）
G1	场址中央	0.14
G2	场址西侧	0.12
G3	场址南侧	0.13
G4	场址东侧	0.14
G	场址北侧	0.11

根据《辐射防护》（第11卷，第二期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991年3年）中辐射环境结果可知，长沙市X-γ辐射空气吸收剂量率数据见下表。

表 8-2 长沙市γ辐射空气吸收剂量率（单位：nGy/h）

监测项目	原野	道路	室
γ辐射平均值	70.2±16.1	65.9±18.3	106.2±20.7
范围	32.9~117.3	34.6~103.6	60.4~154.1

根据表 8-2 中的测量结果，并对比上表可知，项目所在场址的 X-γ 空气吸收剂量率为 0.11~0.14μSv/h，处于长沙市天然本底水平，无异常。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 工程设备和工艺分析

#### 一、设备介绍

##### (一) 设备组成

RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统射线检测产品主要由 7 个分系统组成：

- 1) 加速器分系统
- 2) 探测器分系统
- 3) 图像获取分系统
- 4) 扫描控制分系统
- 5) 扫描装置分系统
- 6) 运行检查分系统
- 7) 辐射防护分系统

其中辐射防护设施包括加速器和探测器周围、扫描通道墙及相关屏蔽设施和用以保证人员安全的辐射安全联锁装置。



图 9-1 设备外观示意图

### 加速器系统介绍:

直线加速器应用沿直线轨道分布的高频电场加速电子，加速电场有行波和驻波两类。为了使沿轴线运行的带电粒子始终处于加速状态，要求电磁波在波导中的相速与被加速粒子运动同步。

电子直线加速器加速电子获得高能电子束引出打击重金属靶时，通过辐射产生 X 射线，RTG6000 主要指标如下：

辐射输出量率：加速器最高能量 7.5MeV，正常运行情况下在束流的中心轴方向上，距离靶点 1m 远处 X 射线输出剂量率不大于 11R/min，即 5.8Gy/h.；

有用束范围：有用束为扇形窄束，纵向张角 65°，准直器缝宽 6mm。

加速器辐射泄漏率：非主束方向泄漏率不大于  $1 \times 10^{-5}$ ，其中后向泄漏率不大于  $4 \times 10^{-6}$ 。

### (二) 工作原理简述

系统原理：采用 X 射线辐射成像技术，得到物体内部不同密度物质的分布图像，从而可以区分出货物中是否掺杂有错报、违禁、危险品等，达到货物查危的目的。

RTG6000 集装箱检查系统具备两种检测模式：第一种是精细扫描模式，当需要对被检物进行精细扫描分析时采用该模式，即被检测车辆静止不动，门架移动。第二种模式是快检模式，当希望提高系统通过率时采用该模式，司机直接驾驶车辆通过，系统自动扫描检测图像。

#### 1) 精细扫描模式

1. 控制室工作人员开启系统，系统开机自检，系统启动后，控制室工作人员在控制室内操作系统对集装箱/车辆进行安全检查。

2. 集装箱由货主车辆送至集装箱/车辆检查系统场区内待检停车场。

3. 根据工作人员的指挥，司机驾驶待检集装箱车辆驶入上坡台，由录入设备采集该集装箱数据信息，并发送到系统控制室内的计算机内。

4. 上坡台前的放行杆抬起，待检车辆前轮开至受检位置，驾驶员下车离开待检车辆。工作人员确认驾驶员步行至出口外，在出口处按下监视装置的确认按钮，将信息反馈回主控制室，控制室内工作人员开始扫描工作。

5. 控制室接收到司机在出口外的确认信息，控制室工作人员通过检查系统的监视装置再次确认扫描大厅内无人员停留后，将扫描大厅两端档杆关闭，检查系统开始运行并产生 X 射线，开始扫描。控制室工作人员须随时通过摄像装置监视扫描通道的进出口，以防有人员误入，发现异常情况时及时停机，防止事故发生。

6. 扫描形成并获取受检车辆的清晰图像，通过分析图像形状与外形轮廓，有效辨别、发现错报、违禁、危险品，查明待运品名与货物是否一致。

7. 扫描完成后，检查系统停止运行，X 射线不再产生，扫描大厅档杆打开，导引员返回，进行下一次的导引工作。

8. 扫描结束，司机返回扫描大厅，将车辆开出。

2) 快检模式工作流程：

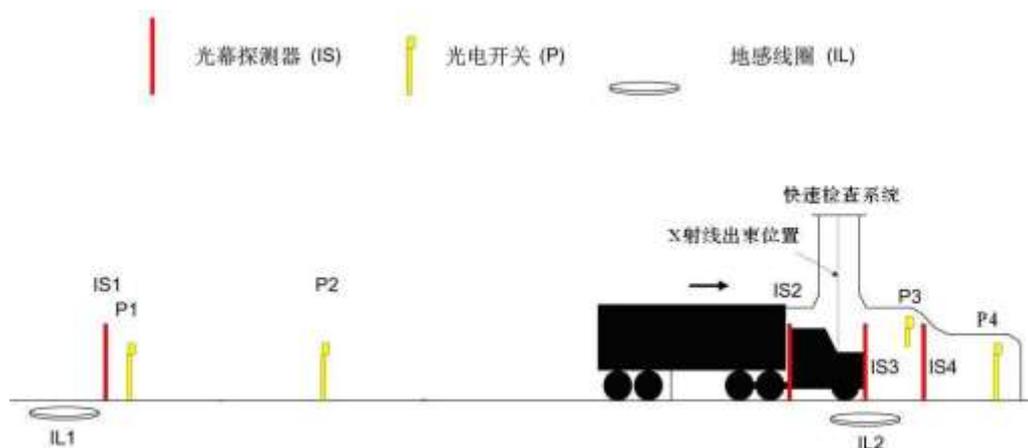


图 9-2 集卡车通过扫描通道的工作流程示意图

1. 车辆驶入扫描通道，地感 IL1 和光幕 IS1、光电 P1 的依次触发来判定是否为车辆驶入，确认是车辆驶入时才允许加速器加高压，但此时系统不允许出束；

2. 车辆到达地感 IL2 位置时，地感 IL2、光幕 IS2 和 IS3 再次依次触发来判断是否为车辆，同时通过光幕 IS2 和 IS3 的先后触发来获取车速，系统根据车速设置加速器触发频率，当判断速低于最低允许车速（1m/s）情况下系统不允许出束；

3. 车辆触发光幕 IS4 后，同时车辆挡风玻璃位置组合光电 P3 被触发，系统开始出束，此时司机已经离开主束位置至少 1 米以上距离；

4. 光幕 IS4 和光电 P4 的依次触发判断被检车辆车速是否正常，当被检车在预设时间内未触发 P4 时系统能自动停止出束，避免司机在通道内发生意外停车而造成不必

要的照射；

5. 在加速器出束期间，IS3 和 IS4 给出的信号必须始终保持，否则加速器应立即停止出束；

6. 车辆车尾离开 IS3 后系统停止出束；

7. 如果两辆车跟车过近，当前车处于扫描状态，其车尾尚未离开光幕 IS3 时，后车车头一旦触发 IS2，系统立即停止出束，避免后车的司机被误扫；

8. 车辆全部通过主束后，加速器停止出束；

9. 扫描图像查验和处理；

10. 系统进入待机状态，等待检查下一辆车。

### **(三) 出束时间**

RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统的扫描速度为 0.4m/s，一次扫描一辆 18m 长的集装箱需用时约 45s；如果系统一年工作 250 天，一天工作 24 小时（分三班），每小时检测 20 辆车，则 1 年中加速器出束时间最多为 1500h，每班 500h。

若采用快速检查模式下的扫描速度为 5km/h，扫描 18m 长的集装箱需用时约 13s；根据海关提供的资料，该检查系统一年工作 250 天，一天工作 24 个小时（分三班），每小时检测 60 辆车，则一年中加速器的出束时间不超过 1300h，每班 434h。

## **污染源项描述**

### **(一) 放射性污染**

(1) 贯穿辐射：主要是加速器产生的 X 射线束。电子束被加速后轰击重金属靶产生 X 射线。

(2) 漏射辐射和散射辐射：加速器泄漏辐射，探测器、被检物等产生的散射、漏射线与空气作用的“天空反散射”辐射。

(3) NCRP 1977 报告书给出的钨 (W) 发生光致反应( $\gamma, n$ )的阈值为 8.0MeV，GBZ126-2011《电子加速器放射治疗放射防护要求》规定，X 射线能量超过 10MeV 的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。拟建设项目采用的电子直线加速器最大能量为 6MeV，低于钨靶发生 ( $\gamma, n$ ) 反应的阈值，所以可以不考虑中子贯穿辐射和感生放射性。

## (二) 其他污染

有害气体：空气在射线的辐射下，通过电离作用产生 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub> 等有害气体。根据 GB 10252-2009 《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》，产生的所有有害气体中，以臭氧的产额为最大、环境浓度限值最为严格，当臭氧浓度满足标准要求时，其他有害气体浓度也均能够满足标准要求，因而在危害因素分析中仅需考虑 O<sub>3</sub> 气体。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

(一) 辐射防护设施

(1) 屏蔽设计

该系统采用自屏蔽的方式进行屏蔽，各方向的屏蔽材料及厚度如下：

- 1) 准直器：准直器铅屏蔽长度为 270mm。
- 2) 探测器臂后：采用 20mm 钢+40mm 铅,宽 1800mm，高 2800mm。
- 3) 捕集器：采用 150mm 铅+20mm 钢。
- 4) 检查通道探测器侧：探测器侧通道墙采用 50mm 钢，宽为 800mm，高为 2250mm。

最外侧采用 30mm 钢，宽为 900mm，高为 2250mm。

5) 检查通道加速器侧：加速器侧通道墙采用 5mm 铅+5mm 钢，宽为 2000mm，高为 2700mm。

6) 加速器舱：前壁采用 190mm 铅，后壁采用 150mm 铅，两侧采用 170mm 铅。

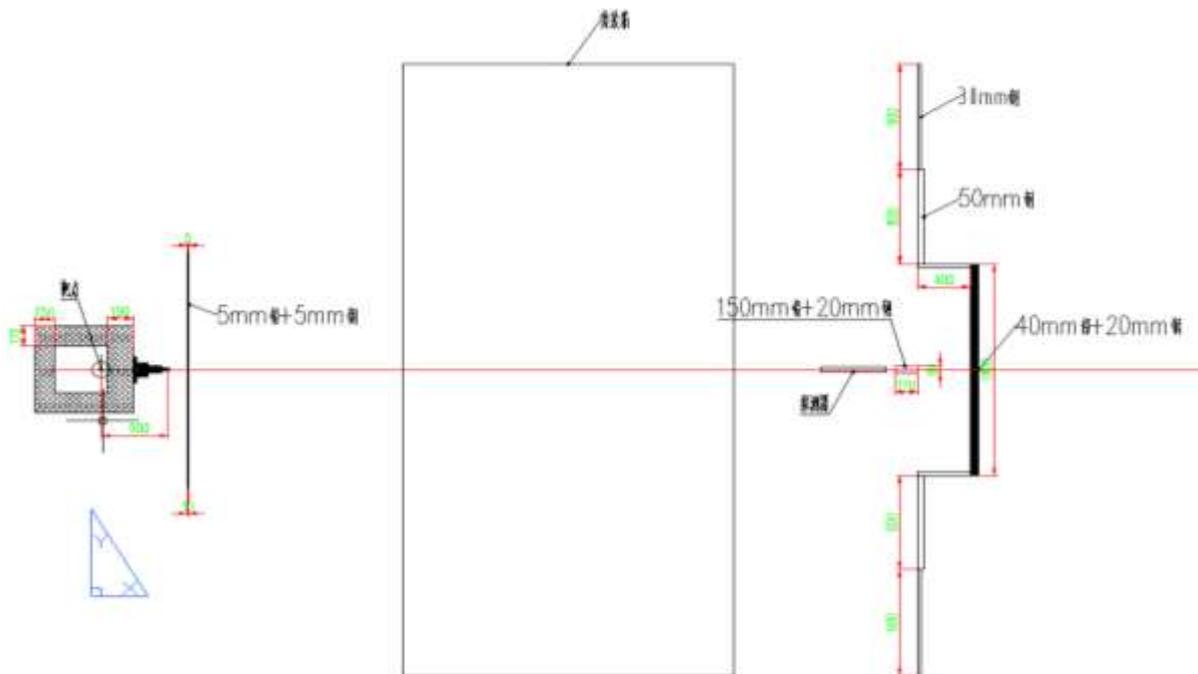


图 10-1 设备自屏蔽示意图

(2) 安全联锁与警示设施

为了避免工作人员受到意外照射，系统在辐射防护区内设置了比较完善的辐射安全

联锁与警示设施。安全联锁设施可控制加速器的出束或停束。只有在所有安全联锁设施都处于正常工作状态时射线源才可以出束，任意一个安全联锁设施不正常时，射线源不能出束或立即停止出束。系统的辐射安全设计遵循故障安全原则，设置冗余、多重安全装置，并注意采用多样性的部件，以保证当某一部件或系统发生故障时，安检系统均能建立起一种安全状态。

系统的安全联锁与警示设施包括系统出束安全联锁钥匙开关、门联锁、急停按钮或急停拉线、警灯警铃、监视装置、及其它安全辅助设备。系统安全联锁逻辑图参见下图。

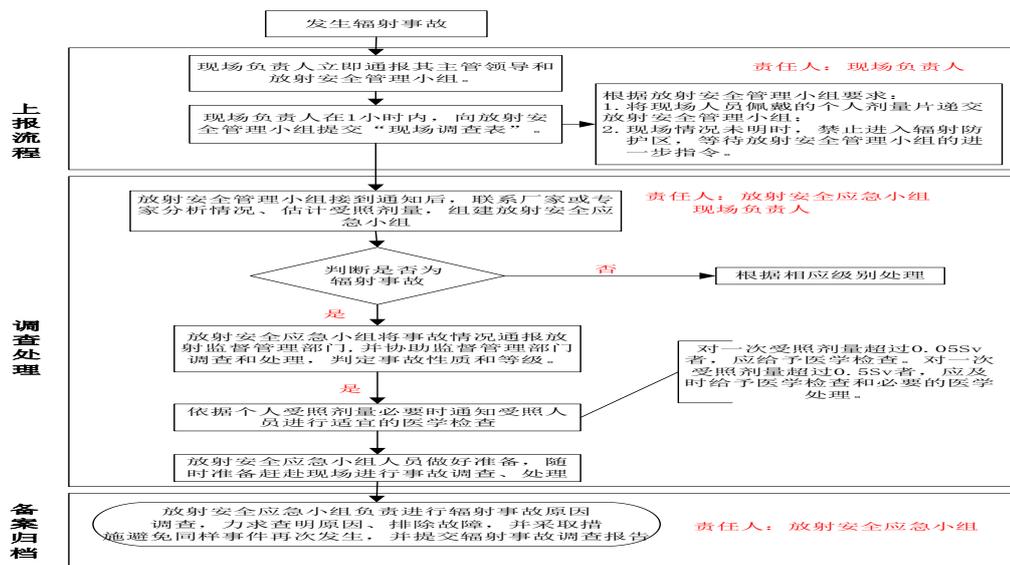


图 10-2 系统安全联锁逻辑图

1) 系统控制台出束安全联锁开关：控制台安装采用钥匙控制的安全联锁开关。只有将安全联锁开关钥匙拨至闭合位置后，加速器才允许出束。



图 10-3 系统控制台上安全联锁开关

2) 警示设备



图 10-4 警灯和警铃

如上图所示，扫描车探测器臂上装有红、黄、绿三种颜色的警灯和警铃。

当系统上电时，绿色警灯亮；当加速器准备出束时，黄色警灯亮、警铃响；当加速器出束时，红色警灯亮、警铃响。

### 3) 急停设施

在控制舱内操作台上、配电柜面板上、加速器舱内/外、探测器舱外、车辆出/入口电动挡杆等处安装有急停按钮。当紧急情况发生时，触发任何急停按钮，加速器立即停止出束。

### 4) 门联锁

在加速器舱门、车辆出、入口电动档杆上安装微动开关联锁装置。

只有当加速器仓门、电动档杆关闭（精细扫描/自行走模式）时，加速器才允许出束。任一联锁门或面板打开、或电动档杆抬起（精细扫描/自行走模式）时，加速器不能出束或立即停止出束。

### 5) 监视和通讯设备

在扫描大厅内、外设有有一定数量的摄像装置，相应的监视器装在系统控制室操作台上，以保证操作人员随时监视整个辐射防护区内的情况。

系统控制室操作台设有麦克风，在扫描大厅内、外安装有扬声器，每次出束扫描前进行广播提醒现场人员。

### 6) 警示标志

在加速器 X 机头箱体外、辐射防护区四周均设有电离辐射警告标志牌。

### 7) 防止人员误入的安全措施

1.在检查通道入口、出口布置两组扬声器，系统操作工作人员准备出束前，系统控制室操作台设有麦克风可以进行广播，提醒相关人员撤离辐射控制区。

2.在加速器上电、就绪、出束期间，检查通道出入口处挡杆始终处于放下状态，以防止无关人员闯入辐射防护区。

3.检查通道的出、入口红外报警装置。有人员进入时，红外报警装置会发出声音警告，提醒误入人员退出，同时启动控制舱内声音报警装置，提醒系统操作工作人员有人进入。

4.系统扫描工作过程中，系统操作工作人员通过摄像装置观察控制区内的情况，当发现有人员误入控制区时，系统操作工作人员应立即停止加速器出束。

#### 8) 司机/人员避让设施

主束避让：系统采用多层光电装置和程序控制来确保司机已经离开辐射控制区，加速器才开始出束；

低速或停车保护：扫描过程中，车辆不按预设时间到达指定位置、车速过低或停车，系统将不出束或停止出束；

车辆尾随保护：扫描出束过程中，如果跟随车辆过近，系统将停止出束，避免跟随车辆司机被主束照射；

出束时间保护：加速器的连续出束时间达到预设值，系统将自动停束；

视频监控系統：系统操作人员可随时通过视频监控系統查看扫描通道内情况，遇到紧急情况可以及时采取应急措施。

#### 9) 辐射剂量仪表

系统配备一定数量的个人剂量报警仪和一台环境 X、 $\gamma$  剂量率仪。放射性工作人员应配备个人剂量计和个人剂量报警仪。

系统配置 1 台固定式辐射报警仪，提醒工作人员射线装置已处于工作或泄漏状态。



图 10-5 个人剂量报警仪和环境 X、 $\gamma$  剂量率仪

## (二) 辐射工作场所分区

### 1) 精细扫描/自行走模式

辐射控制区：如图中红色斜线阴影区所示，检测距离为 20 米，左右边界距离靶点起止位置各 3m，所以控制区距离为 8 米（宽） $\times$ 26 米（长）。加速器出束时，禁止任何人在该区停留。

辐射监督区：系统扫描区域及出入口电动档杆围成的封闭区域，但不包括辐射控制区，如图中反绿色斜线阴影区所示，本项目辐射监督区设计为 14 米（宽） $\times$ 38 米（长）。加速器出束时，无关人员不得随意进入此区域。

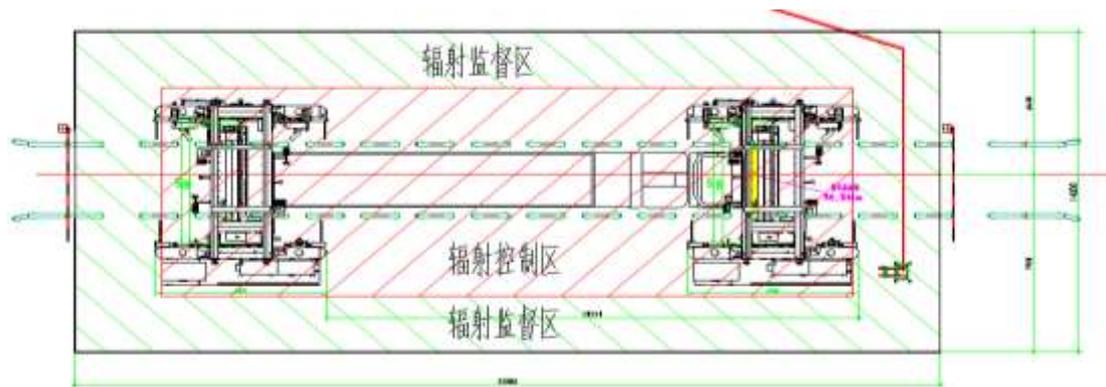


图 10-6 辐射工作场所分区示意图-精细扫描/自行走模式

### 2) 快检模式

辐射控制区：如图中红色斜线阴影区所示，其中左右边界距离靶点起止位置各 1m。加速器出束时，禁止任何人在该区停留。

辐射监督区：系统扫描大厅及出入口电动档杆围成的封闭区域，但不包括辐射控制区，如图中绿色反斜线阴影区所示。加速器出束时，无关人员不得随意进入此区域。

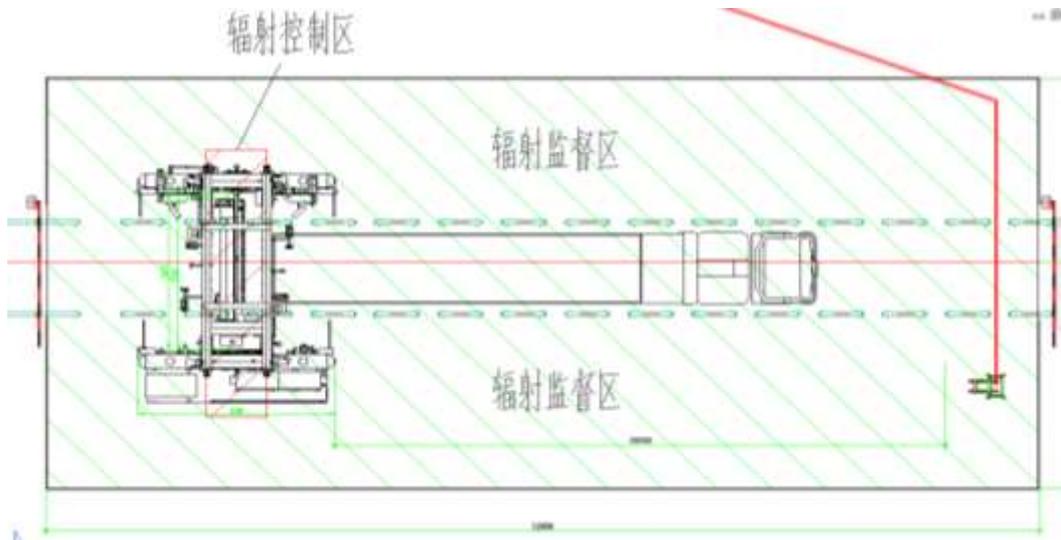


图 10-7 辐射工作场所分区示意图-快检模式

### (三) 辐射防护安全操作规程

#### 1) 系统运行前的准备工作

系统辐射防护区边界外应张贴电离辐射警示标志、安全操作规程制度，以警示人员在加速器出束时不能进入辐射防护区

辐射安全员应每天检查上岗人员是否佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪。并负责检查个人剂量报警仪能否正常工作。

系统操作员负责调整摄像机，使之能观察到整个辐射防护区的情况。

辐射安全员应每天检查设备的辐射安全设施状态（主要包括声光报警、广播、摄像监控、门连锁、急停等能否正常工作），任何辐射安全设施不能正常工作时，加速器不允许出束。

每次出束前，辐射安全员负责指挥所有人员撤离辐射防护区，并进行巡查以防止有人员滞留辐射防护区。

每次出束前，操作人员还必须以适宜的语言进行广播，再次提醒所有人员撤出辐射防护区。

#### 2) 防止人员误入的安全措施

1.在检查通道入口、出口布置两组扬声器，系统操作工作人员准备出束前，系统控

制室操作台设有麦克风可以进行广播，提醒相关人员撤离辐射控制区。

2.在加速器上电、就绪、出束期间，检查通道出入口处挡杆始终处于放下状态，以防止无关人员闯入辐射防护区。

3.检查通道的出、入口红外报警装置。有人员进入时，红外报警装置会发出声音警告，提醒误入人员退出，同时启动控制舱内声音报警装置，提醒系统操作工作人员有人进入。

4.系统扫描工作过程中，系统操作工作人员通过摄像装置观察控制区内的情况，当发现有人员误入控制区时，系统操作工作人员应立即停止加速器出束。

### 3) 系统运行时的注意事项

出束安全连锁钥匙、所有进出辐射防护区的门钥匙、所有急停恢复钥匙及一台个人剂量报警仪必须串连在一起，组成钥匙连锁串，任何情况下，不允许解除钥匙连锁串。

负责指挥被检车辆进出的管理人员，应随身携带个人剂量报警仪。

每天开机运行，辐射安全员应对设备周围的环境剂量进行巡测，确保周边人员安全。

在加速器出束前，所有人员撤出辐射防护区后，控制台操作员需要通过广播，发出“准备出束，请注意！”的语音警示。

系统扫描工作过程中，控制台操作员通过摄像装置观察扫描通道内的情况，当发现有人员误入辐射防护区时，操作员可以通过广播发出要求人员迅速撤离的命令；如果警告无效，操作员应立即停止加速器出束。

在加速器上电期间，禁止无关人员进入辐射防护区。任何现场工作人员进入辐射防护区须取得项目负责人或是辐射安全员的许可，并拔下控制台上的钥匙连锁串随身携带。在进入辐射防护区时，用个人剂量报警仪实时监测加速器是否正在出束，严防误照射。

在加速器上电期间，辐射防护区内无待检车辆和人员时应封闭辐射防护区。即出入口处挡杆应始终处于放下状态，防护门应始终处于关闭状态，以防止无关人员闯入辐射防护区。

系统停止工作后，负责人应妥善保管好钥匙连锁串，以防止未经许可的使用。

## (四) 辐射安全和防护措施及制度分析

为了防止污染事故的发生，项目建设单位应加强管理，为工作人员配备必备的防护器具；应建立污染防治管理制度，对人员进行上岗和辐射安全培训等；应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的安全与防护要求，结合本单位实际工作情况加强各方面的防护措施，以避免放射事故的发生。本项目的辐射安全和防护措施及制度有：

(1) 长沙海关制定了一系列辐射安全相关规章与制度，包括辐射安全管理体系和岗位职责、操作规程、辐射剂量监测管理办法、辐射事故应急预案等。长沙海关已落实了辐射安全管理机构---辐射防护和安全管理领导小组，并明确了辐射安全责任人。

(2) 每半年至少进行一次对设备周围环境的辐射监测，建立监测技术档案。

(3) 定期检查安全连锁装置、报警系统和防护仪表，发现问题及时解决。不得在没有启动安全防护装置的情况下强行运行加速器，以防止辐射照射事故发生。

(4) 集装箱检查系统的工作人员应持证上岗，并需经辐射防护知识的培训。定期检查 and 评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。

(5) 在每天启动辐射源装置前，必须仔细核查安全连锁、监视与警示装置，确认其处于正常状态。

(6) 可能进入监督区的工作人员必须佩戴个人剂量计。任何人员在开机状态下禁止进入控制区。

(7) 载有集装箱的汽车驶入检查准备区域后，并在检查控制区确认场地内没有人员后，才能向主控室发出可以启动辐射源的确认信号。

(8) 检查系统准备启动和工作中，主控室操作员应密切注视控制台和监视器，以便在发现异常情况时及时关断加速器出束或停机，防止事故发生。

(9) 检查系统发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动辐射源。

(10) 调试和检修时，应保证先关停加速器，停止出束时，调试人员和检修人员才能进入扫描大厅。关停时必须先将加速器的主控钥匙拔下，并由调试和检修人员带走，在调试检修工作结束后，再将该钥匙交给主控室操作人员。

(11) 检修人员进入加速器室、探测器室和检查通道时，除佩戴个人剂量计外，还必须携带剂量报警仪。

(12) 调试和维修必须解除安全联锁时，须经负责人同意并通告有关人员。工作结束后，先恢复安全联锁并经确认系统正常后再行使用。

(13) 检查系统停止运行时，主控室负责人应取走主控钥匙并妥善保管。未经许可不得使用。

(14) 定期对工作场所进行剂量检测，对工作人员进行定期体检，建立健康档案。

鉴于本项目设备场地较为狭窄，为了加强辐射管理，长沙海关已成立辐射防护和安全管理领导小组，并制定了相关的放射防护规章制度，经综合分析，其内容基本可行。

### 三废的治理

辐射场所释放的 X 射线能使空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物，由于该检查场所空旷，产生的臭氧和氮氧化物浓度迅速降低。

检查系统的加速器循环冷却水为内封闭循环，且加速器发射的电子线最高能量为 7.5MeV，因此不考虑光-核反应产生的中子以及中子与加速器结构材料发生的 (n, γ) 反应产生的感生放射性，且电子束的穿透能力很弱，故不考虑电子的防护问题，无感生放射性三废产生，无放射性三废的排放。

## 表 11 环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

该项目施工活动对环境的影响主要是设备安装过程中产生的噪声、粉尘以及振动等。项目所在地周围无敏感目标，在施工过程中，设备吊装所产生的噪声和振动对周围环境的影响很小。

### 运行阶段对环境的影响

#### (一) 评价原则

(1) 基本原则：对于符合正当化的放射工作实践，以防护最优化为原则，使各类人员的受照当量剂量不仅低于规定的限值，而且控制到可以合理做到的尽可能低的辐射水平。这一考虑包括：正常运行、维修、退役以及应急状态，也包括了具有一定概率的导致重大照射的潜在照射情况。

#### (2) 评价标准：

- 1) 对系统操作人员职业照射的剂量不超过 2mSv/年；
- 2) 对设备周边公众的剂量约束值不超过 0.1mSv/年；
- 3) 对被检货物一次检查吸收剂量不超过 10  $\mu$  Sv/次；
- 4) 安检系统边界的周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

#### (二) 出厂检测报告分析

设备方提供 RTG6000 集装箱/车辆检查系统出厂检测报告，现场对该设备辐射防护区域边界瞬时剂量率进行了检测，检测报告见附件。

**检测工况：** 加速器输出剂量率：78.9mGy/min，环境本底剂量率 0.09 $\mu$ Gy/h。

#### 检测数据及分析

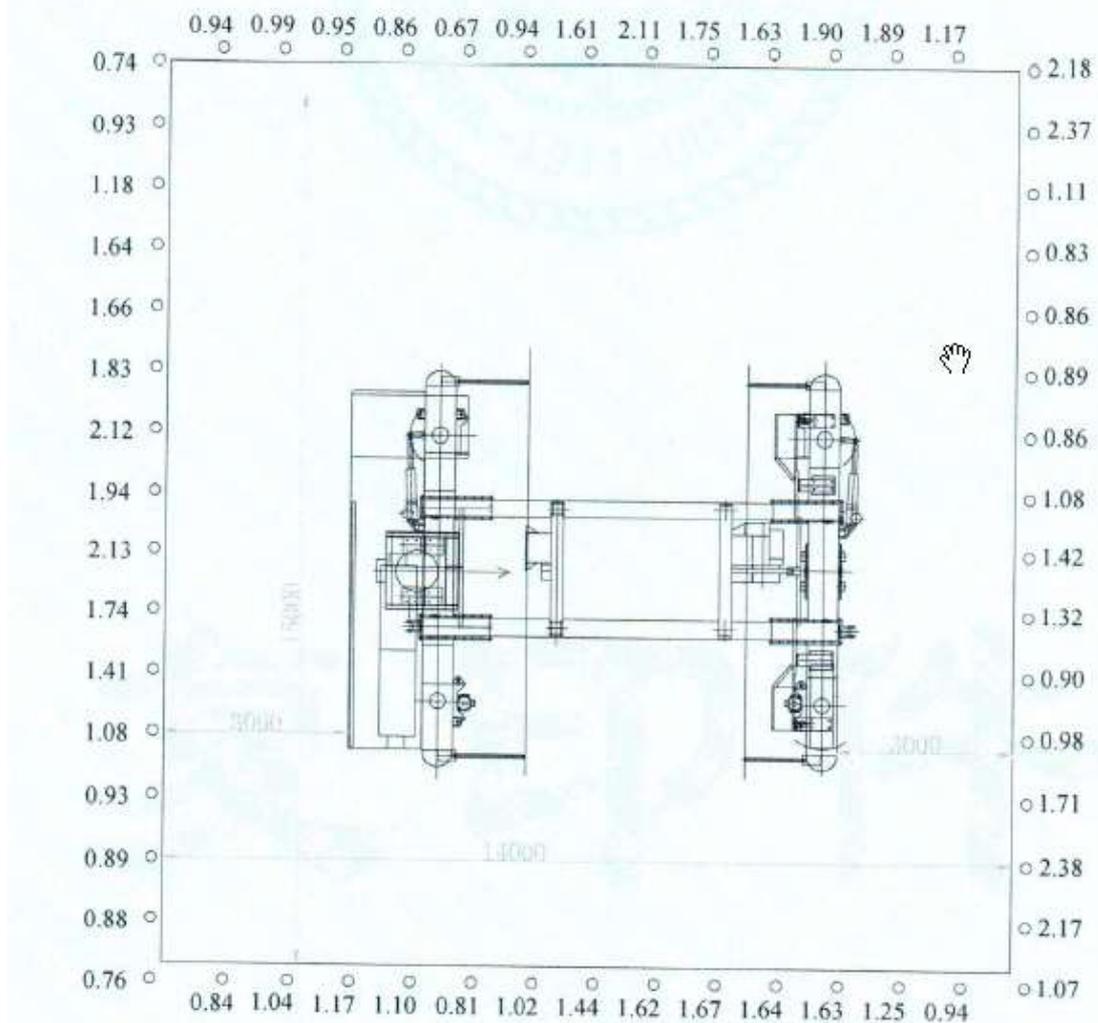


图 11-1 辐射防护边界剂量率检测点及检测值（单位 μGy/h）

小结：在 RTG6000 集装箱/车辆检查系统屏蔽设施周围辐射剂量率检测最高值约 2.38μGy/h，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143—2015）对边界周围剂量率要求：检查系统监督区边界处的周围剂量率应不大于 2.5 μSv/h。

### （三）系统防护理论估算

参见《辐射防护导论》，方杰主编，原子能出版社出版，1991 年。

距靶 r(m)处的空气比释动能率  $\dot{D}$ （μGy/h）按下式计算：

$$\dot{D} = \frac{\dot{D}_0}{r^2 \prod_{i=1}^n 10^{d_i/TVL_i}} \dots\dots\dots(式 11.1)$$

式中：

$\dot{D}$  为计算点剂量率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$\dot{D}_0$  为源项剂量率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$r$  为计算点到源点的距离,  $\text{m}$ ;

$d_i$  为第  $i$  种屏蔽体的厚度,  $\text{cm}$ ;

$\text{TVL}_i$  为第  $i$  种屏蔽体的十分之一值层厚度,  $\text{cm}$ 。

采用下式估算散射体对计算点的散射辐射:

$$\dot{D}_s = \frac{\dot{D}_0 s \alpha}{r^2 r_R^2 \prod_{i=1}^n 10^{d_i/\text{TVL}_i}} \dots\dots\dots(\text{式 11.2})$$

式中:

$\dot{D}_s$  为计算点散射剂量率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$\dot{D}_0$  为有用线束距离靶点  $1\text{m}$  处剂量率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$s$  为散射体面积,  $\text{m}^2$ ;

$r$ 、 $r_R$  分别为源点到散射点、散射点到计算点的距离,  $\text{m}$ ;

$\alpha$  为散射系数。

$d_i$  为第  $i$  种屏蔽体的厚度,  $\text{cm}$ ;

$\text{TVL}_i$  为第  $i$  种屏蔽体的十分之一值层厚度,  $\text{cm}$ 。

散射射线的能量估算采用:

$$E_s = \frac{E_\lambda}{1 + \frac{E_\lambda}{0.511}(1 - \cos \theta)} \dots\dots\dots(\text{式 11.3})$$

式中:

$E_s$  为散射线能量,  $\text{MeV}$ ;

$E_\lambda$  为入射线能量,  $\text{MeV}$ ;

$\theta$  为散射线与入射线方向之间的夹角。

表 11-1 计算相关参数

计算参数	射线 TVT mm	材料 \ 能量	7.5MV 主 X 射线	0.5MeV $\gamma$ 射线
		铅	41	15.4
钢	90	63.6		
砼	330	246		

选取 4 个计算点，分别是：1. 加速器仓后方墙外 30cm 处；2. 探测器正后方两侧墙外 30cm 处；3. 探测器正后方墙外 30cm 处；4. 射线束最近道杆外 30cm 处。

在计算散射线时，本环评仅考虑一次散射的影响，对于多次散射后的射线，能量已经很低，可不作考虑。计算时的屏蔽主要针对该方向散射或漏射的射线，计算结果是几个散射体散射后对同一点的影响的叠加。

天空反散射虽然也属于多次散射，为保守考虑，仍将天空的反散射影响纳入计算。本评价将其辐射影响结果与其他影响进行叠加考虑。

根据以上公式计算各计算点的结果见下表。

表 11-2 检查系统场所周围剂量率计算结果

位置点	射线类别	与源之距离 (m)	屏蔽物	屏蔽后剂量率 $\mu\text{Sv/h}$
			有效厚度 (mm)	
①加速器仓后方	漏射	3.7	-	2.29
	集装箱散射	2.3	5mm 铅+5mm 钢	
	天空反散射	15.2	-	
②探测器正后方 两侧	漏射	11	40mm 铅+20mm 钢	0.86
	准直器散射	0.5	40mm 铅+20mm 钢	
	探测器散射	5.6	40mm 铅+20mm 钢	
	集装箱散射	3.8	40mm 铅+20mm 钢	
	天空反散射	16.1	-	
③探测器正后方 墙外	透射	10.3	190mm 铅+40mm 钢	0.46
	天空反散射	15.8	-	
④距射线束最近 道杆外	漏射	7.1	-	1.48
	准直器散射	0.6	5mm 铅+5mm 钢	
	探测器散射	5.6	5mm 铅	
	集装箱散射	3.8	-	
	天空反散射	24.2	-	

计算结果表明：系统边界外环境剂量率最大值为 2.29  $\mu\text{Sv/h}$ ，小于满足《货物/车辆

辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015)(小于 2.5 μSv/h)。

按照联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) - 2000 年报告附录 A, X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算:

$$H_{E-r} = D_r \times t \times k \times 10^{-6} \dots\dots\dots(\text{式 11.4})$$

式中:  $H_{E-r}$ : γ 射线外照射人均年有效剂量, mSv;

$D_r$ : γ 射线空气吸收剂量率, nGy/h;

$t$ : γ 射线照射时间, h;

$k$ : 剂量转换系数, Sv/Gy。

### (1) 辐射工作人员

RTG6000 轮胎自行走集装箱车辆安检系统的扫描速度为 0.4m/s, 一次扫描一辆 18m 长的集装箱需用时约 45s; 如果系统一年工作 250 天, 一天工作 24 小时 (分三班), 每小时检测 20 辆车, 则 1 年中加速器出束时间最多为 1500h, 每班 500h。

若采用快速检查模式下的扫描速度为 5km/h, 扫描 18m 长的集装箱需用时约 13s; 根据海关提供的资料, 该检查系统一年工作 250 天, 一天工作 24 个小时 (分三班), 每小时检测 60 辆车, 则一年中加速器的出束时间不超过 1300h, 每班 434h。

按照上表的计算结果, 系统工作人员年有效剂量为  $2.29 \times 10^{-3} \times 500 \approx 1.14(\text{mSv/a})$ 。

该计算结果低于国家标准 GB18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中工作人员的年剂量限值 (2mSv/a)。

### (2) 公众成员

对于系统周围的公众人员, 当公众居留因子取 1/16 时, 其年有效剂量最大约为  $2.29 \times 10^{-3} \times 500 \times 1/16 \approx 0.071(\text{mSv/a})$ 。该计算结果满足评价标准 (0.1mSv/a) 的要求。

### 3) 司机

#### (1) 司机安全避让措施

司机驾车通过扫描通道时, 有多种保护避让措施来确保司机安全。具体措施如下:

主束避让: 系统采用多层光电装置和程序控制来确保司机已经离开辐射控制区, 加

速器才开始出束；

低速或停车保护：扫描过程中，车辆不按预设时间到达指定位置、车速过低或停车，系统将不出束或停止出束；

车辆尾随保护：扫描出束过程中，如果跟随车辆过近，系统将停止出束，避免跟随车辆司机被主束照射；

出束时间保护：加速器的连续出束时间达到预设值，系统将自动停束；

视频监控系統：系統操作人員可隨時通過視頻監控系統查看掃描通道內情況，遇到緊急情況可以及時採取應急措施。

## （2）司機一次通過吸收劑量

快檢模式下（精細檢查模式下，司機不在車上），從出束到貨物檢查結束整個過程，司機可能接受一定的散射引起的劑量。根據實際測試結果，司機所受劑量不超過  $0.05\mu\text{Sv}$ 。

假定司機一年正常通過該檢查系統 250 次（每年 250 個工作日，每天 1 次），司機每年從系統中吸收的劑量為： $0.05\mu\text{Sv}\times 250\approx 0.013(\text{mSv/a})$ 。

假定司機極限情況下一年通過該檢查系統 1000 次（每年 250 個工作日，每天 4 次），司機每年從系統中吸收的劑量為： $0.05\mu\text{Sv}\times 1000=0.05(\text{mSv/a})$ 。

以上計算和實測結果表明：司機駕車一次通過安全檢查系統，正常和極限情況下，皆滿足不大於  $0.1\text{mSv/a}$  的控制目標。

## （五）臭氧、氮氧化物分析

任何電離輻射都會使空氣發生輻射分解而產生臭氧和氮氧化物，產生臭氧與氮氧化物的產額比例約為 1：0.48，且臭氧的危害比氮氧化物大，因此在考慮該項目的有害物質排放時，主要考慮臭氧的排放可以同時滿足要求。

根據粒子加速器輻射防護規定 GB5172-1985 中 E.2 要求：加速器設施內應有良好的通風，以保證臭氧的濃度低於  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

整個加速器艙體採用鉛作為屏蔽材料，且場所為開放式，因此產生的臭氧和氮氧化物能及時經過大氣的稀釋、自然分解和擴散作用迅速降低濃度。

## 事故影响分析

### (一) 可能发生的辐射事故

(1) 被检查车辆的驾驶员在加速器出束前尚未离开 X 射线主束位置，工作人员或其他人员在加速器出束前尚未撤离扫描通道，加速器的运行可能造成误照射。

(2) 安全联锁装置或报警系统发生故障的情况下，有人误入正在运行的加速器扫描通道。

(3) 在加速器运行过程中，可能出现有人员进入扫描通道，虽红外线报警，但因故工作人员未注意，造成超剂量的照射。

(4) 在维修加速器的时候，加速器误出束，造成维修人员的误照射。

### (二) 事故预防措施

(1) 从事检测作业的辐射工作人员须经过环保部门认可的培训机构组织的辐射安全培训，具备上岗资格，业务熟练。

(2) 操作人员须严格按检查系统操作规程进行操作，不得擅自改变操作程序。

(3) 工作时必须随身携带个人剂量报警仪，不允许在没有剂量仪监控的情况下进行操作，以免超剂量事故的发生。

(4) 工作时有明显警示标志，防止人员误入造成事故。

(5) 定期对工作场所周围进行剂量检测，对工作人员进行定期的体检，建立健康档案。

(6) 发生辐射事故时，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故后应对事故影响人员进行医学检查，确定其所受到的剂量水平，并在第一时间将事故通报环保、卫生等主管部门。

(7) 操作人员每次运行机器前，要检查安全联锁系统运行是否正常。如发现异常，须查明原因，予以排除，确定安全联锁系统运行状况正常后，才能开机运行。

(8) 开机前须仔细检查控制区内有无人员，若有人在控制区内，须及时清场，确定控制区内无人的情况下才能开机。

(9) 操作人员须随时通过摄像装置监视扫描通道的进出口，以防有人员误入。

(10) 在进行机器维修时，应有两名有维修资格的人员操作，拨下控制台安全联锁

钥匙，并在控制台设立维修标牌。

(11) 维修人员需佩戴个人剂量报警仪。

**表 12 辐射安全管理**

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

目前，长沙海关成立了辐射防护和安全管理领导小组，小组包括组长 1 名，副组长 1 名，组员 2 名，负责对辐射防护相关工作进行控制和管理。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008）修订》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：“使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，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”。从长沙海关目前配置的辐射领导小组人员信息看，小组成员有一定的管理能力，本项目开展后，目前长沙海关的管理人员也能满足配置要求。

长沙海关设置的辐射安全与环境保护管理机构职责包括：对长沙海关放射工作的监督与检查，相关制度的制定、修改与完善，组织辐射工作人员的学习培训、辐射防护知识的宣传教育、辐射事故应急演练、辐射人员的健康体检。

**辐射安全管理规章制度**

建立、健全和严格执行辐射安全管理的规章制度是防止潜在照射发生的重要措施。为保障射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，长沙海关制定了《长沙海关辐射安全管理办法》，该管理办法包括有辐射安全管理体系和岗位职责、操作规程、辐射安全培训管理制度、设备检修维护管理制度、台账管理制度、辐射监测计划、辐射事故应急预案等。为保证辐射工作人员和周围公众人员的健康，长沙海关须严格按照国家法律法规执行，并加强对核技术利用项目的日常管理：

（1）根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对辐射设备的安全防护和维修要落实到个人；明确管理人员、操作人员、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，层层落实。

（2）各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；辐射工作场所均必须有电离辐射警示标识，设备屏蔽门上方还必须要在工作指示灯，同时警告标识的张贴必须规范。

(3) 明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生；

(4) 加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业，安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

(5) 为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，长沙海关应培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，长沙海关应对本项目的辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，并每年向发证机关提交上一年度的评估报告。

(6) 长沙海关应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实。应根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。

## 辐射监测

为了及时掌握项目场址周围的辐射水平，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《职业性外照个人监测规范》(GBZ128-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)的要求，应建立必要的监测计划，包括设备运行期及个人剂量监测计划，要建立监测资料档案。

### (1) 辐射防护检测与检查

按照《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》，建设单位应定期进行辐射防护的检测与检查，具体计划见下表。

**表 12-1 辐射防护检测与检查计划**

序号	检测与检查内容	频次	检测与检查主体
1	出束控制开关	每天	建设单位
2	门连锁	每天	
3	紧急停束装置	每天	
4	监视、声光报警安全装置	每天	
5	辐射监测仪表	每天	
6	其他安全设施	适时	
7	边界周围剂量当量率	每年一次	委托有资质单位

## (2) 个人监测

企业应按照《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号）规定，尽快联系有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，同时还应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。

外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天。企业还应关注工作人员每一次的累积剂量监测结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，同时应建立并终生保存个人剂量监测档案，以备辐射工作人员查看和管理部门检查。

辐射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；项目运行后企业还应当组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。

## 辐射事故应急

为建立健全辐射事故应急机制，及时处置突发辐射事故，提高应急处置能力，最大程度地减少辐射事故及其可能造成的人员伤害和财产损失，长沙海关已制定了《辐射事故应急预案》：

(1) 长沙海关根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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》（环发〔2006〕145 号）等法规的有关规定，开展辐射事故预防与应急处置。全体人员必须充分重视，并贯彻执行“安全第一”、“预防为主”的指导思想。所有人员应严格执行各项安全操作管理规定；未经辐射安全管理机构书面批准，任何人无权擅自更改操作和维修程序，杜绝人为因素而导致辐射事故的发生。

(2) 一旦发生辐射事故后，现场人员应立即向上级主管领导和辐射安全管理组织报告。

(3) 当发生辐射事故时，必须立即采取以下应急措施：

①当维修等工作过程中出现意外出束时立即就近按下急停设备，并迅速退出辐射防护区。

②对于无防护门的系统，当加速器出束期间人员误入辐射防护区时，红外报警装置

发出语音警告，同时控制台监视屏幕能观察到人员的误入，操作员可以通过广播发出要求人员迅速撤离的命令；如人员继续走近，控制台操作员可以用软件或按急停按钮停止加速器出束。

③由辐射防护专业人员根据现场情况，采取方法估计受照剂量，判断是否构成辐射事故。

④一旦发生辐射事故时，辐射安全管理组织还应向上级监管部门报告，并协助有关部门调查事故原因、事故后果。

⑤发生辐射事故时，对一次受照有效剂量超过 0.05Sv 者，应给予医学检查；对一次受照有效剂量超过 0.5Sv 者，应及时进行医学检查和必要的医学处理。

(4)辐射安全管理组织还应查明事故原因，排除故障，并采取措施避免同样事件的再次发生。

(5)长沙海关将切实执行并落实辐射安全管理规章制度，加强实体保卫，切实有效地防止辐射事故（件）的发生。主要履行以下职责：

- ① 全面负责本单位辐射环境和人员安全的管理；
- ② 负责编制和修订本单位辐射突发环境事件应急预案；
- ③ 加强辐射应急队伍建设，购置必要的辐射应急装备器材；
- ④ 负责本单位辐射工作场所和环境的应急监测；
- ⑤ 负责本单位辐射突发环境事件的紧急处置和信息报告；
- ⑥ 对可能造成超剂量照射的人员送到指定医院进行救治；
- ⑦ 负责本单位辐射突发环境事件恢复重建工作，并承担相应的处置经费；
- ⑧ 积极配合行政主管部门的调查处理和定性定级工作；
- ⑨ 负责组织本单位辐射突发环境事件相关应急知识和应急预案的培训，在环境保护行政主管部门的指导下或自行组织演练。

(6) 各类事故报警和联系方式

内部电话：15074806776

湖南省环保厅：12369，0731-85698110

长沙市环保局：12369

长沙市卫计委：0731-88666175

### 环境保护竣工验收

中华人民共和国长沙海关核技术利用新建项目竣工后，应开展环保竣工验收工作，环保竣工验收项目见表 12-2。

表 12-2 环境保护竣工验收一览表

序号	项目内容	具体内容	要求
1	设备	<p>1) 准直器：准直器铅屏蔽长度为 270mm。</p> <p>2) 探测器臂后：采用 20mm 钢夹 40mm 铅，宽 1800mm，高 2800mm。</p> <p>3) 捕集器：采用 150mm 铅+20mm 钢。</p> <p>4) 检查通道探测器侧：探测器侧通道墙采用 50mm 钢，宽为 800mm，高为 2250mm。最外侧采用 30mm 钢，宽为 900mm，高为 2250mm。</p> <p>5) 检查通道加速器侧：加速器侧通道墙采用 5mm 铅+5mm 钢，宽为 2000mm，高为 2700mm。</p> <p>6) 加速器舱：前壁采用 190mm 铅，后壁采用 150mm 铅，两侧采用 170mm 铅</p>	<p>安检系统边界的周围剂量当量率不大于 2.5<math>\mu</math>Sv/h</p>
2	安全联锁与警示设施	<p>控制台出束安全联锁开关；警灯和警铃；</p> <p>在系统控制室操作台、加速器舱内、外表面、电子学舱内、加速器的控制舱（即放置调制器等设备舱）内、扫描通道出、入口电动挡杆上等处设置急停按钮；</p> <p>在调制器门、电子学舱门、加速器机架面板上和所有进出辐射防护区的门上安装微动开关联锁装置；</p> <p>监视和通讯设备；</p> <p>在车辆进/出口处分别要求安装有红外报警器装置；</p> <p>司机/人员避让设施；</p>	正常使用
3	辐射防护用品	个人剂量计 10 个、个人剂量报警仪 10 台、1 台 X、 $\gamma$ 剂量率仪、1 台固定式辐射报警仪	配备到位
4	培训和持证	所有放射工作人员均应接受环保部门培训并持证上岗，开展职业健康体检和个人剂量监测。	落实到位
5	管理机构和具体制度	成立管理机构，制定的辐射防护相关制度内容切实可行，具有可操作性	有专门的辐射领导机构，制定并落实各项制度

## 表 13 结论与建议

### 结论

#### (一) 项目的实践正当性

本项目拟新建 1 套 RTG6000 集装箱/车辆检查系统，以满足建设单位对货物查验速度和质量检测需要。该检查系统通过准直器形成 X 射线扇形窄束对货物扫描成像后得到物体内部不同密度物质的分布图像，从而区分出货物中是否掺杂有错报、违禁、危险品等而达到货物查危的目的，适合集装货物/车辆安全检查的实际需要。

从社会、经济和环境效益三个方面综合分析，本项目采用了先进的设备，设施清洁生产工艺，采取较有效的污染防治措施，减少污染物排放，本项目辐射实践影响将控制在可合理达到的尽可能低的水平。项目建成后将为海关检查提供技术支持，以较小的环境损失获得较大的社会和经济效益，实现社会、环境、经济效益的统一。

本项目的辐射实践经过充分论证，权衡利弊，该项目所带来的社会总利益大于为其所付出的代价（风险），同时加强对核技术项目的管理，合理控制对周围环境的影响，该项目的实践获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

#### (二) 环境影响分析综合结论

(1) 根据定量预测结果可知：辐射工作人员及公众的年受照射剂量率均满足（GB18871-2002）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中的目标管理限值，检查系统边界处的辐射剂量率符合（GBZ 143-2015）《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》中的规定。

(2) 辐射防护措施评价：准直器铅屏蔽长度为 270mm；探测器臂后采用 20mm 钢夹 40mm 铅，宽 1800mm，高 2800mm；捕集器采用 150mm 铅+20mm 钢；探测器侧通道墙采用 50mm 钢，宽为 800mm，高为 2250mm，最外侧采用 30mm 钢，宽为 900mm，高为 2250mm；检查通道加速器侧通道墙采用 5mm 铅+5mm 钢，宽为 2000mm，高为 2700mm；加速器舱前壁采用 190mm 铅，后壁采用 150mm 铅，两侧采用 170mm 铅。经理论估算，本项目检查系统的防护效能能够满足相关标准要求。

(3) 辐射安全措施评价：本项目 RTG6000 集装箱/车辆快速检查系统应按照本评

价污染防治措施章节及相关标准中的要求做好相应的防护及其他安全工作。建设单位应配有便携式X- $\gamma$  剂量测量仪，放射性工作人员应配备个人剂量计和个人剂量报警仪，并建立个人剂量档案。每年应进行放射工作人员体检，并为放射工作人员建立人员职业健康档案。建设单位须满足本评价提出的各项辐射安全措施。

(4) 长沙海关已成立辐射防护和安全管理领导小组，并制定了相关的放射防护规章制度，其内容基本可行。

### (三) 可行性分析结论

综上所述，本项目建设方案已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，经预测分析，本项目对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，该项目的辐射防护措施可行、规章制度基本健全，项目对环境的辐射影响是可接受的。从环境保护的角度来看，本环评认为该项目建设是可行的。

### 要求

(1) 加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查。

(2) 长沙海关应组织拟操作该设备的工作人员到有资质的机构进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，定期开展个人剂量监测，接受放射防护知识和法规培训，具备相应条件，取得辐射安全培训合格证后，方可从事放射工作。建立放射工作人员个人剂量档案、职业健康监护档案，并终生保存。放射工作人员调动工作单位时，个人剂量、健康监护档案应随其转给调入单位。

(3) 选派人员参加辐射工作人员培训班。

### 建议

(1) 长沙海关应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实。

**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