

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宁波北仑二期 PB6000TD 双加建设改造工程（改建）			
建设单位		中华人民共和国北仑海关			
法人代表	姜海青	联系人	王子琰	联系电话	15888100583
注册地址		宁波市北仑区明州路 199 号			
项目建设地点		北仑港二期集装箱码头查验中心			
立项审批部门		海关总署关务保障司	批准文号	关保函[2015]32 号	
建设项目总投资（万元）	4425	项目环保投资（万元）	90	投资比例（环保投资/总投资）	2.03%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	4864
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	/			
<h4>项目概述</h4> <h5>1 建设单位简介</h5> <p>中华人民共和国北仑海关（以下简称“北仑海关”）隶属于宁波海关，位于宁波市北仑区明州路 199 号。北仑海关于 1997 年 5 月 26 日正式开关，2008 年 12 月 29 日，宁波海关查验中心在该关挂牌成立，标志着该关由综合性海关向专业化海关转型。北仑海关的监管区域为北仑港区、穿山港区、大榭港区各码头、场站及其海岸线，主要负责北仑口岸的进出境货物、物品、运输工具和海关监管场所的监管以及缉查走私等。</p> <p>宁波港股份有限公司北仑第二港埠分公司成立于 2001 年 8 月，是一家从事大宗散杂货装卸及集装箱货运、滚装船业务的企业，主要经营煤炭、矿石、粮食、钢材及其他散杂货的中转和集装箱装卸船及堆场业务。公司位于宁波市北仑区迎</p>					

宾路 8 号，毗邻宁波保税区和宁波经济技术开发区，自然条件得天独厚。

2 核技术应用的目的和产业政策相符性

PB6000TD 集装箱/车辆检查系统是同方威视技术股份有限公司（简称“同方威视”）最新研究开发出的双加速器组合移动式安全检查系统，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，非常适合对集装箱/车辆进行快速检查的需求，可广泛应用于海关、缉私、公安等部门对集装箱货物、集装箱夹层、偷渡藏匿等实现快速不开箱检查，可实现精确辨识、100% 查验。

中华人民共和国北仑海关拟更新原有检查系统，辐射装置应用目的在于海关车载货物的快速、安全检查，在应用过程中建设单位采取相应的安全和放射防护措施，保证其对工作人员和公众产生的影响可以控制在根据最优化原则设置的项目剂量约束值以下，其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“实践正当性”的要求。

经对照《产业结构调整指导目录(2011 年本)（2013 年修正版）》，本项目属于第一类 鼓励类 第六项 核能中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，因此，本项目为产业政策中鼓励类项目，符合国家产业政策要求。

3 任务由来

北仑海关原 H986 设备（FG9056 系统）于 2001 年投用，到 2012 年已达到设备使用年限，部分部件及相关设施也已经老化，维修和维护压力较大，老系统已不能满足查验业务的需求。为此，北仑海关通过宁波海关向海关总署提出申请，经海关总署关务保障司批准（详见附件 3：关保函[2015]32 号），北仑海关拟新购一套同方威视最新产品 PB6000TD 型集装箱/车辆检查系统，代替 FG9056 固定式集装箱/车辆检查系统，并改建原检查系统配套使用的扫描大厅(原设备拆除、按程序报废处理，见附件 8)，同时新建与新系统配套的垂直视角加速器机房、控制室、维修值班室等辅助用房。该项目由宁波港股份有限公司北仑第二港埠分公司负责前期建设，建设完成后交付北仑海关使用。

本项目 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统主要包括 2 台电子直线加速器，最大能量均为 6MeV，根据《射线装置分类管理办法》（国家环境保护总局 2006 年

第 26 号), 属于使用 II 类射线装置。电子直线加速器在使用过程中产生的 X 射线将对环境产生电离辐射影响, 根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令第 33 号) 的相关规定, 本项目应编制辐射环境影响报告表, 并尽快向浙江省环保厅申请变更《辐射安全许可证》。为保护环境, 保障公众健康, 北仑海关委托核工业二三〇研究所对该项目进行环境影响评价, 委托书见附件 1。

评价单位在对项目进行现场踏勘、拟建场址辐射环境背景监测、资料搜集分析的基础上, 按照国家有关核技术利用建设项目辐射环境影响报告表的内容和格式, 编制了该项目的辐射环境影响报告表。

4 工程内容和规模

4.1 项目建设内容和规模

为了进一步提高监管和服务水平, 查验的准确性, 充分运用海关系统先进卡口及监管设备, 深化完善智能化通关监管系统, 提高通关效率、有效打击走私犯罪, 北仑海关拟更新一套同方威视最新产品 PB6000TD 型集装箱/车辆检查系统, 该系统包括 2 台加速器(水平视角和垂直视角)。水平视角为 3/6MV 双能电子加速器, 加速器位于扫描通道东侧, 扫描出束方向朝西; 垂直视角为 6MV 单能电子加速器, 位于扫描通道顶部, 扫描出束方向为垂直朝下; 扫描时两台加速器同时使用, 可以获得平面、立面两幅图像, 能够更清晰、更精确的显示集卡内部情况, 真正实现无死角安全查验。

本项目在北仑海关原有检验设备拆除的基础上进行改造建设, 原有扫描大厅分东西两跨, 东跨为扫描通道, 西跨为平车回车道, 加速器机房位于扫描通道东侧。本次具体改造内容为: 利用原有扫描大厅西跨部分场地设置维修值班室, 备件库, 控制、检入室和设备室(设置在同一个房间, 阅片通过网络传输, 由海关部门异地进行), 回车道不再使用; 利用东跨原有扫描通道, 改造扫描通道内电缆、辅助楼一层部分原有加速器辅助电气设备室; 利用原有加速器机房和探测器室作为水平视角加速器机房和探测器室, 扫描通道西侧新增司机进、出口; 将扫描通道顶部开口、新建垂直视角加速器机房(面积 87.2m²、高度 7.0m), 垂直视角加速器射线垂直射向地面, 地面设置垂直视角探测器; 新建拖动车轨道、出入口挡杆等配套设施。

墙体改建方案: 原有加速器室、扫描通道侧墙、探测器室均为钢筋混凝土结

构，为原有 9MV 电子加速器配套设计建设，保持墙体不变，作为水平加速器室和探测器室使用；对于垂直视角加速器，在扫描通道顶部切割开口，上方新建垂直加速器室，垂直视角探测器位于地面混凝土层中，新建加速器室墙体均采用一次浇筑成型的钢筋混凝土结构，并且做好墙体接缝、电缆穿过处的搭接处理。

PB6000TD 系统相关信息情况见表 1-1，主要组成及技术参数见表 1-2。

表 1-1 本项目 PB6000TD 系统相关信息表

项目	指标及参数
射线源	电子感应加速器（2 台）
X 射线能量	水平视角为 3/6MeV 垂直视角为 6MeV
张角	水平视角：31°，垂直视角：20°
使用的射线装置类别	II 类
扫描方式	快速扫描， 拖车拖动集装箱/车辆移动，扫描装置不动
扫描速度	0.4m/s
射线束中心轴上距靶 1 米处空气比释动能率	水平视角加速器：1Gy/min 垂直视角加速器：1Gy/min
主线束宽度	水平视角加速器线束：4mm 垂直视角加速器线束：4mm
最大漏射率	2×10^{-5}
系统场地	145.2×33.5（长×宽）
扫描通道	38.8×4.8（长×宽）

表 1-2 PB6000TD 系统主要组成及技术参数

系统组成	设备名称或设施名称	数量	型号	厂家或产地
主设备	双加速器组合移动式集装箱/车辆检查系统	1 套	PB6000TD	威视
配套集成设备	门户式辐射探测系统	1 套	RM2000	威视
	手持核素识别仪	1 套	RM0100H	威视
	巡检仪	1 套	PDS100GN	MGP
	集装箱号识别系统	1 套	定制	威视
	车牌识别系统	1 套	光学识别	汉王或同等品牌
	电子地磅	1 套	静态、120t	托利多
	监管物项识别仪	1 套	RT3000SI	威视
	手持矿石分析仪	1 套	XF2000	威视
	毒气检测仪	1 套	CH1000	华力兴

4.2 项目地理位置和平面布局

北仑海关位于宁波市北仑区，距离宁波市中心约 25km，北仑二期集装箱码头地处北仑区北部海岸，项目建设位置位于北极星路和迎宾路交叉口西北角，项目地理位置见附图 1。

PB6000TD 集装箱/车辆检查系统利用北仑二期集装箱码头查验中心原有扫描大厅进行改造建设，扫描大厅东侧为海关辅助楼，东距北极星路约 45 米，隔路为铃与物流货场；西邻查验中心场内车辆通道，西 30 米为海关查验仓库；南侧为查验中心堆场，南距迎宾路 100 米；北侧为集卡停车区，西北 35 米为查验平台及暂扣仓库。查验中心场院南北两端分别设车辆进出口，检查车辆由南端进入，通过地磅进入检验通道，扫描检查完毕之后由北端驶出。

北仑海关查验中心平面布局见图 1-1，扫描大厅内部平面布局见图 1-2，PB6000TD 集装箱/车辆检查系统平面布置见附图 2-1、附图 2-2，项目周围环境关系图见图 1-3 及附图 3。



图 1-1 北仑海关查验中心平面布局图

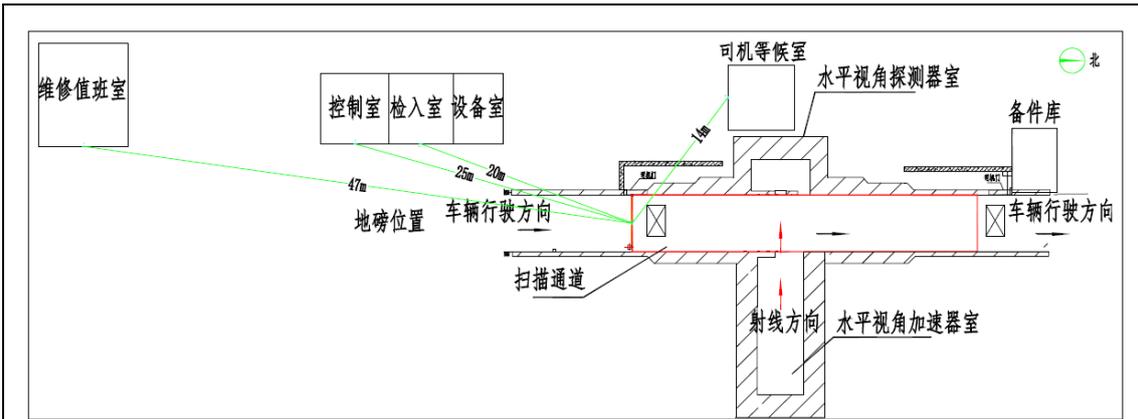


图 1-2 扫描大厅内部平面布局图



图 1-3 项目周围环境关系及评价范围图

项目在海关查验中心原检查系统场址进行改建，未新增场址，查验中心场院东、南分别邻北极星路和迎宾路，西侧和北侧均为北仑港区其它货场，射线装置机房周围 50m 范围主要为查验中心内部建筑物、绿化带、道路及货物堆场，没有村庄、居民小区和医疗机构等敏感区，加速器机房顶部均临空设计、水平加速器机房两侧相邻房间设置为勤杂室、设备电源室、配电室等功能，海关辅助楼二层临近加速器机房的房间设置为会议室、档案室、仓库等，无常驻人员的房间，最大限度地确保了人员的安全，所以该项目的选址及布局是合理的。

5 环境保护目标

本项目环境保护目标是 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统配备的工作人员、被检查车辆司机及辅助楼内人员，保护其受照射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。根据北仑海关提供资料，近年来海关辅助楼未做为办公楼使用，仅有值班及临时办公人员，考虑到日后可能作为办公楼使用，本次评价将其作为保护目标。本项目原有工作人员 4 人，改建完成后新增工作人员 2 人，达到 6 人，3 人/班，实行隔天轮班制。项目环境保护目标具体情况见表 1-3。

表 1-3 本项目环境保护目标信息

保护对象	人员类型	位置描述	保护人员数量	保护目标
检入员	职业人员	控制、检入室 (扫描通道西南 20m)	2	个人受照剂量约束值 5mSv/a
引导员		扫描通道外	2	
操作员		控制、检入室 (扫描通道西南 25m)	2	
维修工程师 (委外人员)		维修值班室、控制室、扫描通道周围 (扫描通道西南 47m)	1	
司机及其他人员	公众	司机等候室和扫描大厅外其它地方	/	个人受照剂量约束值 0.25mSv/a。
海关辅助楼内工作人员		海关辅助楼内	/	

6 原有核技术应用项目许可情况

北仑海关目前共计有 7 套集装箱/车辆检查系统(电子直线加速器)，其中本项目更新替代的 FG9056 集装箱/车辆检查系统已拆除，具体汇总情况见表 1-4，原有项目辐射安全许可证见附件 2，环评批复及验收意见详见附件 4。

表 1-4 现有集装箱检查系统许可情况

序号	工作场所	规格型号	最大能量(MV)	环评情况	许可情况	验收情况	备注
1	北仑港二期集装箱码头	FS3000	2.5	已环评 甬环发函 [2011]35 号)	已许可 浙环辐证 [B0064]	已验收 甬环辐验 [2016]3 号	/
2	北仑港二期集装箱码头	FG9056	9.0	已环评 甬环发函 [2009]34 号	已许可 浙环辐证 [B0064]	已验收 甬环辐验 [2011]2 号	已拆除

3	穿山港区	PB6000	6.0	已环评 甬环发函 [2009]34号	已许可 浙环辐证 [B0064]	已验收 甬环辐验 [2011]2号	/
4	北仑港二期集装箱码头	PB6000TD	6.0	本项目环评	未许可	未验收	/
5	北仑四期港吉码头	MB1215DE (HS)	6.0	环评报批中	未许可	未验收	/
6	北仑五期远东码头	MB1215DE (HS)	6.0	环评报批中	未许可	未验收	/
7	梅山码头	MB1215DE (HS)	6.0	已环评 甬环发函 [2016]150号	未许可	未验收	/

在历年运行中，北仑海关成立了辐射安全防护管理小组，制定了《辐射防护和安全管理制

建设单位制订的规章制度基本符合相关法律法规的要求，应将其严格落实到辐射工作实践中，并且根据新设备的特点及时完善相关规章制度。

同时，建设单位已安排原有辐射工作人员参加了辐射安全和防护知识培训班，并取得合格证书（见附件 6），建立了辐射工作人员个人剂量档案和职业健康档案，制定了《操作人员培训制度》。对于本项目运行后拟新增的辐射工作人员，建设单位已安排参加了辐射安全和防护知识培训班，并通过考核，取得合格证书，详见附件 9。

项目单位已委托有资质的单位对工作场所进行检测，保存检测记录。同时，根据建设单位射线装置安全和防护状况年度评估报告，建设单位无辐射事故发生。

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	储存方式与地点	备注
无								

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	储存方式 与地点
无										

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》(GB18871-2002)。

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/剂量 率	用途	工作场所	备注
1	电子感应加速器	II	1	PB6000TD	电子	3/6, 双能	距靶 1 米处 1Gy/min	安全检查	扫描大厅	
2	电子感应加速器	II	1	PB6000TD	电子	6, 单能	距靶 1 米处 1Gy/min	安全检查	扫描大厅	

(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
无									

(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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			储存方式与地点
										活度 (Bq)	储存方式	数量	
无													

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
无								

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m³，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg；

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L (kg、m³) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2014 年);</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2016 年 9 月);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年);</p> <p>(4) 《关于发布射线装置分类办法的公告》(国家环境保护总局公告 2006 年第 26 号)</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号, 2005 年);</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 18 号, 2011 年);</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部令第 3 号, 2008 年修订);</p> <p>(8) 《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);</p> <p>(9) 《突发环境事件信息报告办法》(环境保护部令第 17 号, 2011 年);</p> <p>(10) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 253 号, 1998 年);</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令第 33 号, 2015 年);</p> <p>(12) 《放射工作人员职业健康管理辦法》(卫生部令第 55 号, 2007 年);</p> <p>(13) 《浙江省建设项目环境影响评价文件分级审批管理办法》, 浙政办发〔2014〕86 号, 2014 年;</p> <p>(14) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》(浙江省人民政府令第 288 号, 2011 发布, 2014 年修正);</p> <p>(15) 《浙江省辐射环境管理办法》(浙江省人民政府令第 289 号, 2012 年)。</p>
------	---

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(2) 《货物/车辆辐射检查系统放射防护要求》(GBZ143-2015);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001);</p> <p>(4) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993);</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2002);</p> <p>(6) 《辐射环境保护管理导则—核技术应用项目环境影响报告书(表)的内容和格式》(HJ/T10.1-2016)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 中华人民共和国北仑海关环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 《关务保障司关于 2015 年海关集装箱/车辆检查设备配备方案的通知》(关保函[2015]32 号), 2015 年 6 月 12 日;</p> <p>(3) 《辐射安全许可证》, 证书编号: 浙环辐证[B0064];</p> <p>(4) 关于中华人民共和国北仑海关穿山港集装箱检查系统(扩建)环境影响报告表的批复(甬环发函[2009]34 号);</p> <p>(5) 关于中华人民共和国北仑海关 FS3000 集装箱/车辆检查系统项目(扩建)环境影响报告表的批复(甬环发函[2011]35 号);</p> <p>(6) 宁波市环境保护局验收意见(甬环辐验[2011]2 号)、(甬环辐验[2016]3 号);</p> <p>(7) 中华人民共和国北仑海关提供的其它环境影响评价所需的基础资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据项目建设内容和周围环境情况，按照《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/T10.1-2016）的有关规定，确定本项目评价范围为：PB6000TD系统加速器所在扫描通道屏蔽墙体四周向外延伸50m的区域。评价范围示意图见图1-3。

保护目标

本项目环境保护目标主要是 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统的工作人员、被检查车辆司机和海关辅助楼内人员，保护其受照射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，具体信息见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标信息

保护对象	人员类型	位置描述	保护人员数量	保护目标
检入员	职业人员	控制、检入室 (扫描通道西南 20m)	2	个人受照剂量约束值 5mSv/a
引导员		扫描通道外	2	
操作员		控制、检入室 (扫描通道西南 25m)	2	
维修工程师		维修值班室、控制室、扫描通道周围 (扫描通道西南 47m)	1	
司机及其他人员	公众	司机等候室和扫描大厅外其它地方	/	个人受照剂量约束值 0.25mSv/a。
海关辅助楼内工作人员		海关辅助楼内	/	

注：①本项目引导员引导被检查集装箱/车辆司机，进入扫描系统、检入、将车与拖动小车连接，车辆由拖动小车拖动进入扫描通道内接受扫描，引导员引导司机从专用出口离开；

②被检查集装箱/车辆检查结束后，司机由专用入口进入扫描大厅，负责将车辆驶出扫描大厅。

评价标准

1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中的安全。

4.3.3.1 款 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人

数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

1.1 剂量限值

1.1.1 职业人员

4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 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当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 B）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。

B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的照射水平进行控制，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；

本评价对于职业人员取年有效剂量限值的四分之一作为年管理剂量约束值，即对工作人员年管理剂量约束值为 5mSv。

1.1.2 公众人员

B1.2.1 款 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；

本项目对于公众人员取年剂量限值 1mSv 的四分之一，即 0.25mSv 作为管理约束值。

2 《货物/车辆辐射检查系统放射防护要求》（GBZ143-2015）；

本标准规定了货物/车辆辐射检查系统的辐射水平控制、安全设施、操作、监测与检查等放射防护要求。

6.2.1 款 加速器辐射源箱

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 2×10^{-5} ，其他情况下应不大于 1×10^{-3} 。

6.3.1 款 边界周围剂量当量率

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

6.3.3 款 控制室周围剂量当量率

检查系统控制室内的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，操作人员操作位置的周围剂量当量应不大于 $1.0\mu\text{Sv/h}$ 。

3 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

二级标准：臭氧 1 小时平均浓度 $200\mu\text{g/m}^3$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理位置和平面布置

中华人民共和国北仑海关位于宁波市北仑区，距离宁波市中心约 25km，北仑海关查验中心位于北仑区北部，北极星路和迎宾路交叉口西北角，项目地理位置见附图 1。

该项目 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统安装位置位于北仑海关查验中心院内，利用原有扫描大厅设施进行改造建设。扫描大厅东侧为海关辅助楼，东距北极星路约 45 米，隔路为铃与物流货场；西邻原有扫描系统车辆通道，西 30 米为暂存货场；南侧为查验车辆进口，南距迎宾路 100 米；北侧为查验车辆出口。查验中心在场院南、北两端分别设车辆进出口，检查车辆由南端进入，通过地磅进入检验通道，扫描检查完毕之后由北端驶出。北仑海关查验中心平面布局见图 1-1、项目周围环境关系见图 1-3，PB6000TD 集装箱/车辆检查系统平面布置见附图 2。

扫描大厅为一南北走向的长方形建筑，南侧为检查系统车辆入口，北侧为车辆出口，检查系统进口前方拟设限高钢架、电动挡杆、箱号和车牌识别系统。扫描通道的入口（通过地磅、检入后）和出口处拟设电动挡杆和红外报警装置。整个扫描系统占地长约 145.2m，宽约 33.5m（最宽处），高约 5.5m~17.05m，其中扫描通道长 38.8m、宽 4.8m。水平视角加速器机房位于系统中部东侧，垂直视角加速器机房位于系统中部扫描通道上方，机房四周采用钢筋混凝土防护。

2 辐射环境现状监测与评价

建设单位委托具有相关监测资质的第三方检测机构对项目拟建场址周围 γ 辐射空气吸收剂量率背景水平进行了监测，监测报告见附件 7。

2.1 监测目的

掌握该北仑海关拟开展宁波北仑二期 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统工作场所周围的辐射环境质量背景水平，为预测评价提供基础数据。

2.2 监测内容

本项目拟建场址周围 γ 辐射空气吸收剂量率。

2.3 监测点位

按照《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》、《辐射环境监测技术规范》的要

求，结合现场条件进行监测布点。共设 14 个监测点位，具体示意图见图 8-1。

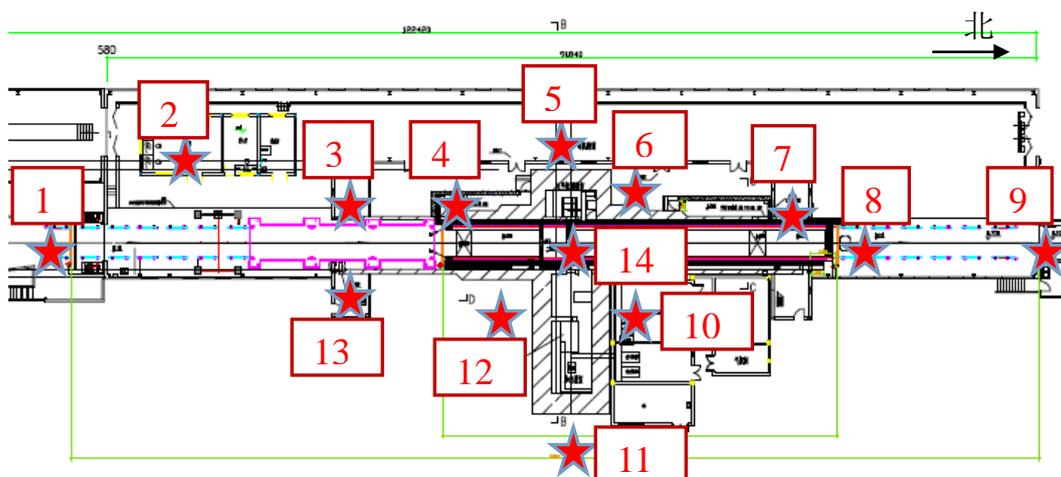


图 8-1 本项目监测点位布点图

2.4 监测仪器参数

监测仪器的参数与检定情况见表 8-1。

表 8-1 监测仪器相关信息

仪器名称	X-γ 剂量当量率仪
仪器型号	XH-2020 型
生产厂家	西安西核彩桥实业科技有限公司
仪器编号	05032997
能量范围	45KeV~3MeV (±30%)
量程	0.001~1500μSv/h
检定单位	中国剂量科学研究院
检定证书	DYj1206-1126
检定有效期	2016 年 3 月 7 日~2017 年 3 月 6 日

2.5 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发的标准，监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，并用检验源对仪器进行校验；

(5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

2.6 监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目场所 X- γ 辐射剂量率监测结果

点位序号	点位描述	检测值(最大值)(nSv/h)
1	检查系统进口	99
2	控制室	129
3	通道西侧点位 3	79
4	通道西侧点位 4	145
5	水平视角探测器室正后方	88
6	通道西侧点位 6	72
7	通道西侧点位 7	94
8	扫描通道出口	133
9	检查系统出口	118
10	水平视角加速器室北侧	158
11	水平视角加速器室正后方	121
12	水平视角加速器室南侧	122
13	通道东侧点位 13	85
14	扫描通道内	140

备注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应。

3 现状评价

由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，宁波市室内 γ 辐射空气吸收剂量率在 80nGy/h~194nGy/h 之间，由监测结果可知：本项目拟建场址周围的辐射剂量率测量值在 72nSv/h~158nSv/h 之间。可见，本项目拟建场址各监测点位地表 γ 辐射剂量率在当地天然贯穿辐射水平范围以内，辐射环境质量状况未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1 设备简介

该项目 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统包括 2 台电子感应加速器，加速器最大能量均为 6MeV，设备由同方威视股份有限公司生产，系统加速器主要参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 PB6000TD 系统参数

项目	指标及参数
射线源	电子感应加速器（2 台）
X 射线能量	水平视角为 3/6MV 垂直视角均为 6MV
张角	水平视角：31°，垂直视角：20°
使用的射线装置类别	II 类
扫描方式	快速扫描， 拖车拖动集卡移动，扫描装置不动
扫描速度	0.4m/s
射线束中心轴上距靶 1 米处空气比释动能率	水平视角加速器：1Gy/min 垂直视角加速器：1Gy/min
主线束宽度	水平视角加速器线束：4mm 垂直视角加速器线束：4mm
最大漏射率	2×10^{-5}
系统场地	145.2×33.5（长×宽）
扫描通道	38.8×4.8（长×宽）

2 设备组成

本项目 PB6000TD 集装箱/车辆检查主要由 7 个分系统组成，系统外观示意图见图 9-3。



图 9-3 设备外观示意图

2.1 加速器分系统

主要由加速管总成、微波总成、真空装置、恒温水冷却装置、供气装置、调制器等部分组成，其主要功能是受控产生 X 射线脉冲。

2.2 探测器分系统

包括阵列探测器、前端电路、探测器电源装置等部分。其主要功能是将透过集装箱的 X 射线转换成模拟电信号，并发送到图像获取分系统。

2.3 图像获取分系统

主要由模数变换与缓冲控制模块、扫描数据获取模块、可编程振荡触发模块等部分组成，将所采集到的模拟信号转换为数字信号，数字信号经过预处理后，传送到运行检查分系统组合成扫描图像

2.4 扫描控制分系统

主要由机械控制模块、多用途互连模块、安全联锁装置、电源控制模块、扫描控制站、扫描控制机柜、手动操作台、辐射剂量监测仪、闭路监视装置、内部对讲装置、声光报警装置等组成，用来保证和控制整个系统的运行，并提供对整个系统的安全联锁控制。扫描控制分系统可让操作人员同时通过多角度摄像监控设备对工作场地进行实时监控，并对出现的异常情况进行及时的处理。

2.5 扫描装置分系统

包括加速器机房、准直器、标定装置、探测器室、拖动小车、驱动系统及连接机构等组成。系统控制中心的控制下完成对集装箱/车辆的扫描。

2.6 运行检查分系统

控制整个系统运行、检查货物图像，管理与系统运行及图像检查有关的所有数据和信息。提供强大的图像检查功能，并分析和管理被扫描货物的图像信息。具备友好的人机操作接口，方便操作人员使用。随机附带一个软件包，提供功能强大的图像检查、文件备份、数据管理等软件，并具备良好的可扩展性。操作人员运用图像检查工具可方便、快速地识别扫描图像中的细微差别。

2.7 辐射防护设施

包括加速器和探测器周围屏蔽墙、扫描通道墙及相关屏蔽设施，用以保护相关人员免受射线辐照伤害，并为系统提供一个相对封闭的运行空间。

3 工作原理

系统工作原理：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。

该系统采用水平、垂直双直线电子加速器（最大能量均为 6MeV），电子直线加速器是产生高能电子束的装置，当高能电子束轰击靶物质时，会产生韧致辐射，即产生 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。加速器产生的高能 X 射线经准直器成形后，变成一扇形束，穿过被检测的物体，同时射线也被物体吸收，这样在被检测物体后面就形成了一个反应物体质量厚度变化的具有一定强弱分布的新的射线束；探测器将射线束的强弱变化转换成探测器输出电流脉冲的强弱变化；图像获取分系统将所采集到的模拟信号转换为数字信号，数字信号经过预处理后，传送到运行检查分系统组合成扫描图像。集装箱/车辆检查系统工作原理示意图 9-1。检查系统 X 射线成像分系统示意图 9-2。

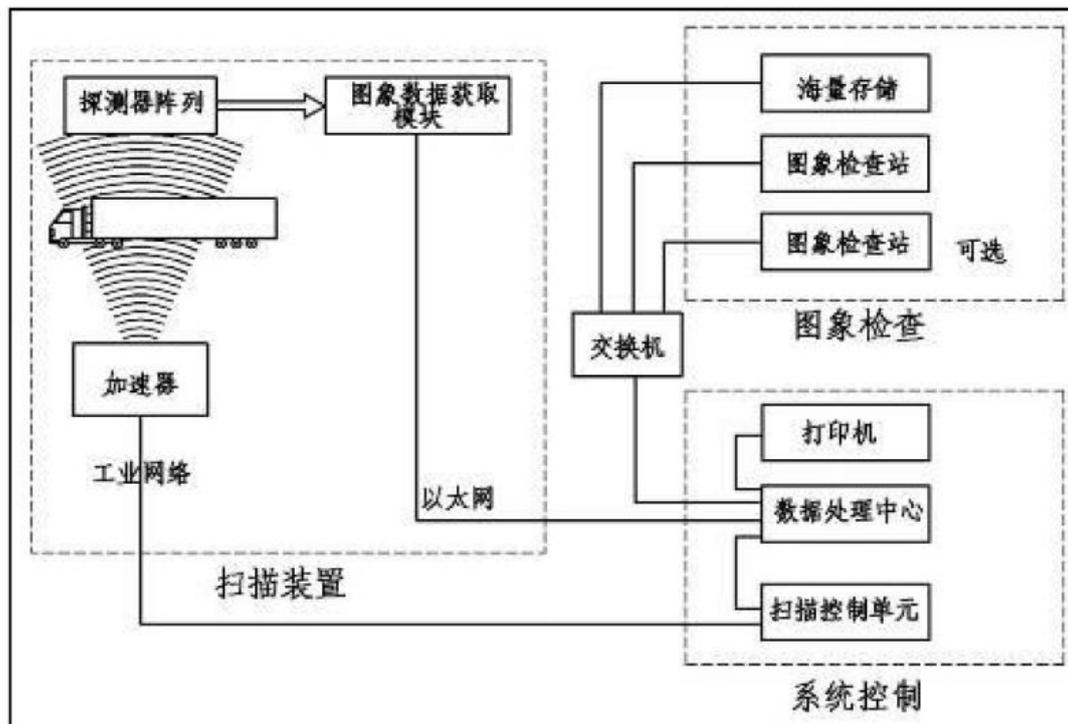


图 9-1 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统工作原理图

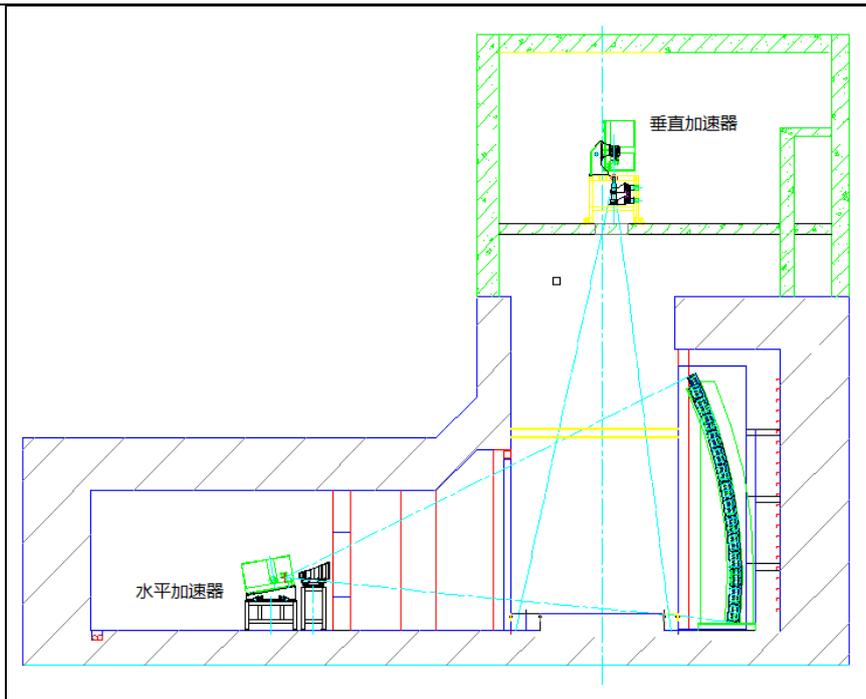


图 9-2 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统 X 射线成像分系统示意图

4 操作流程

本项目拟使用的 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统，是为了适应国内/外海关、港口、航空和公路运输对大批量集装货物实现快速安全查验的需求而设计制造的。主要运行流程如下：

- ①集卡车开到限高架处，等待操作人员打开系统入口处挡杆；
- ②操作人员打开系统入口处挡杆，集卡车司机开车进入地磅位置；
- ③待检入人员检入集卡车重量、信息后，引导员引导司机将车辆开至拖动小车前翻板处，司机熄火、挂空档、松手刹、下车。上载操作箱的上载按钮指示灯点亮，引导员按下上载指示按钮，拖动小车后翻板升起，将车轮抱紧。引导员按下上载确认按钮，引导司机由扫描通道专用出口离开扫描通道；
- ④司机、引导员通过司机出口离开扫描通道后，引导员返回系统地磅之前档杆处，等待引导下一待检车辆；司机进入扫描通道西侧司机等候室等候车辆扫描监测，扫描通道西侧引导员和司机出口专用门设置电磁开关，为单向控制门。在等候区张贴有扫描流程和安全告示，每个司机必须按其执行。
- ⑤引导员确认人员全部离开扫描通道后，操作员打开扫描通道进口挡杆，开启拖车启动开关，拖车拖动集卡进入扫描通道，系统开启，出束扫描。
- ⑥车辆扫描完成后，加速器停止出束，司机从扫描通道司机专用入口进入，

启动车辆，操作人员打开扫描通道出口挡杆，集卡司机将集卡车开出检查通道，整个扫描过程完成。

⑦如果司乘人员还没有走出扫描通道，而扫描通道前后挡杆都已经落下，则司乘人员应尽快离开扫描通道；同时应就近拉下拉线开关，以确保自身安全。

⑧紧急拉线开关在加速器机房、探测器室、扫描通道及司机通道内多处设置，任何一处被拉下，设备都会立刻断电、停止射线装置出束。

PB6000TD 集装箱/车辆检查系统的运行流程图示意图见图 9-4。

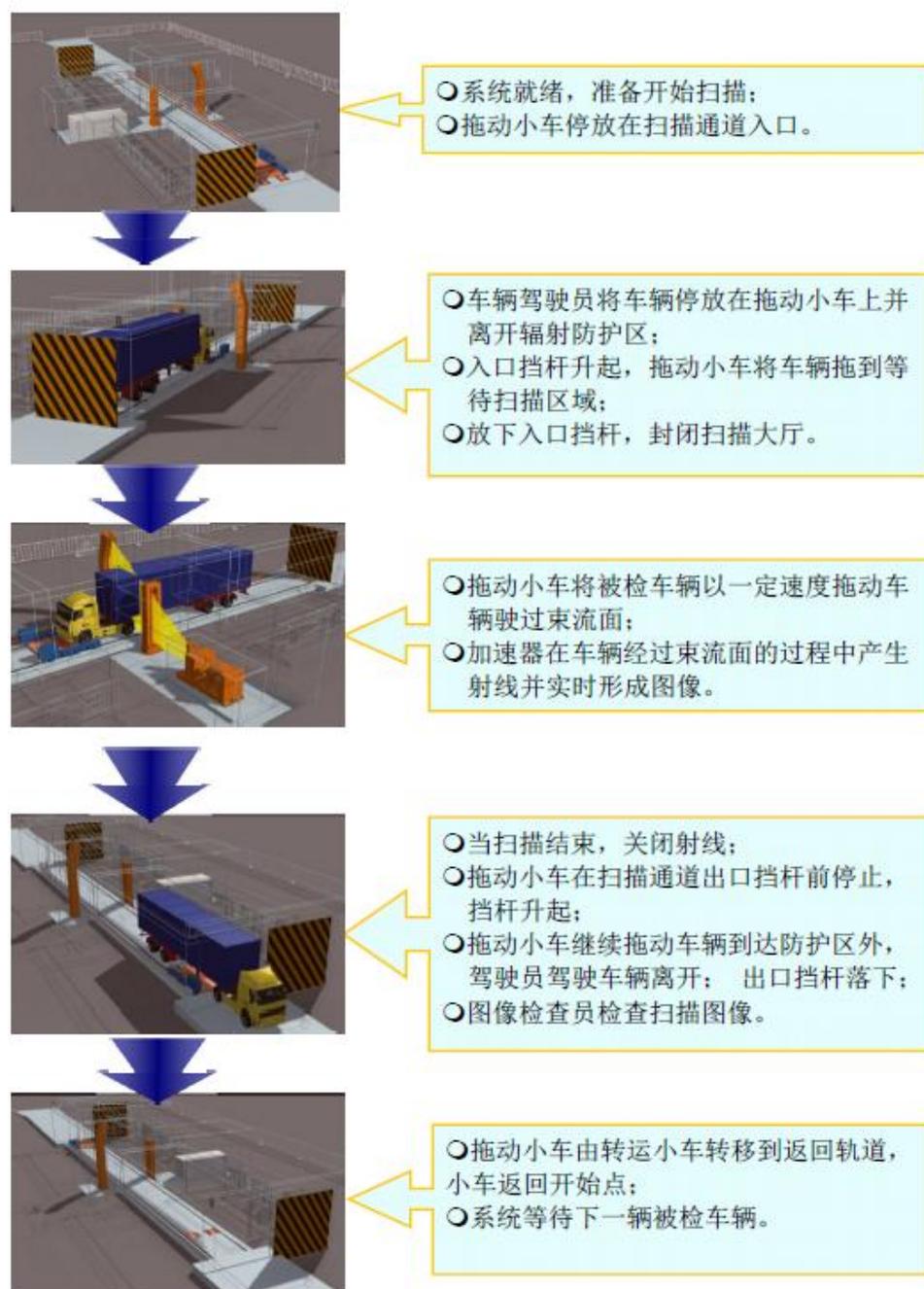


图 9-4 系统运行流程图示意图

5 工作负荷

PB6000TD 集装箱/车辆检查系统扫描方式为快速扫描,扫描速度为 0.4m/s,扫描 18m 长的集卡(实际扫描长度为 20m)需用时约 50s;根据该项目集卡车检查量以及海关查验要求,系统年最大查验量为 30000 箱,加速器一年的出束时间不超过 417 小时。

污染源项描述

1.1 正常工况

该项目 PB6000TD 型集装箱/车辆检查系统在运行状态下产生的 X 射线可以分为三类:主射线即在 X 射线准直角范围内的 X 射线;准直角范围以外的 X 射线为泄漏辐射;由 X 射线的初级辐射或 X 射线泄漏辐射投照到物体、墙体表面散射产生的射线,称为散射辐射。

1.1.1 X 射线

加速器在正常运行的情况下,电子束被加速后轰击重金属靶产生 X 射线,X 射线经透射、散射等,对场所及周围环境产生辐射影响。

1.1.2 中子贯穿辐射和感生放射

NCRP1977 报告书给出的钨(W)发生光致反应(γ, n)的阈值为 8.0MeV,(GB16369-1996)《医用电子加速器放射卫生防护标准》规定,当 X 射线标称能量低于 10MeV 时,不需考虑中子辐射防护问题。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(γ, n)反应的阈值,所以本项目不考虑中子贯穿辐射和感生放射性污染。

1.2 事故工况

1.2.1 意外照射

由于违规操作、设备失灵等原因,发生系统出束期间有人员长时间停留在辐射控制区内而受到的意外照射,如受检集卡车厢内有人员藏匿,在检查过程中受到意外照射。

1.2.2 设备故障

加速器常见的故障如水冷系统故障、触发器故障、机头故障、射频源老化和枪电源故障报警等,这些故障的结果通常是导致加速器不能出束或停止出束

；因此设备故障情况下对环境的影响不会大于运行状态。

本项目事故工况的影响主要考虑受检集卡内有人员藏匿，在检查过程受到意外照射的情况。

本项目在运行时无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 PB6000TD 检查系统平面布置

PB6000TD 检查系统平面布置见图 10-1 及附图 2，系统用房主要包括 2 部分：1) 检查系统主体工程——扫描通道、加速器机房和探测器室；2) 配套用房——系统控制、检入室和配套用电气设备室。

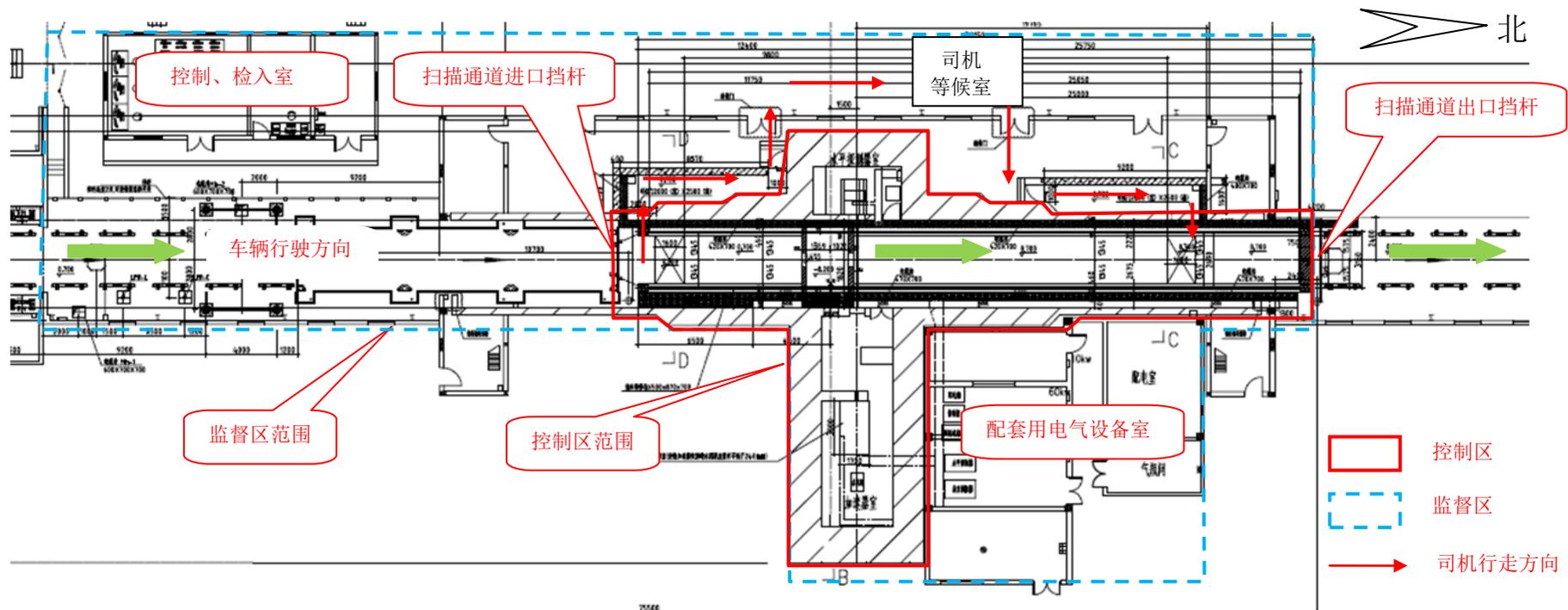


图 10-1 PB6000TD 检查系统平面布置及辐射防护分区示意图

2 场所分区管理

2.1 地面区域

为便于辐射防护管理，根据《集装箱检查系统放射卫生防护标准》（GBZ143—2015），将 PB6000TD 检查系统工作场所划分为控制区、监督区，为管理和描述方便，这里把辐射控制区和辐射监督区统称为辐射防护区。

控制区——根据标准《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015），对无司机驾驶的货运车辆或货物的检查系统，周围剂量当量率大于 $40\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 的区域划定为控制区。

结合本项目实物屏蔽防护情况，并且考虑管理过程的可操作性，将南至扫描通道进口挡杆、北至扫描通道出口挡杆、东至水平加速器室后墙、西至水平视角探测器室后墙，上至垂直加速器室顶板、下至扫描通道地面范围内的区域划为该系统的控制区，该区域在平面图上类似“十”字形。即整个扫描通道、加速器室（包括水平加速器室和垂直加速器室）和水平视角探测器室防护墙以内的空间区域，加速器出束时，禁止任何人在该区内停留。本项目辐射控制区示意图如图 10-2、图 10-3、图 10-4 中红色斜线阴影区所示。

监督区——控制区以外周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为监督区。

将扫描通道周围邻近区域，主要包括扫描大厅内除去控制区部分的范围（包含系统控制室、检入室和设备室）及周边部分辅助楼（改造作为本系统辅助用电器设备室的部分）划为监督区。四侧边界为：东边界为海关辅助楼走廊以西和扫描大厅东侧墙；西边界为扫描大厅西侧墙；南边界为检查系统限高杆处；北边界为扫描通道出口档杆处。另外，系统维修值班室位于控制室西侧，也划为监督区。该区域不需要采取专门的防护手段和安全措施，但要定期检查其辐射剂量。在系统检测作业过程中，除职业放射工作人员外不允许其他人员进入和停留。本项目辐射监督区如图 10-2、图 10-3、图 10-4 中绿色斜线阴影区所示。

2.2 高空区域

根据本项目辐射装置布局及防护情况，为便于防护安全管理和控制，将检查系统水平加速器机房上方、垂直加速器机房东侧与辅助楼之间的高空区域划为监督区，如图 10-3 中绿色斜线阴影区所示，评价建议建设单位在今后海关辅助楼使用时，应避免此辐射防护区内设置办公或居住等人员长期停留的房间。

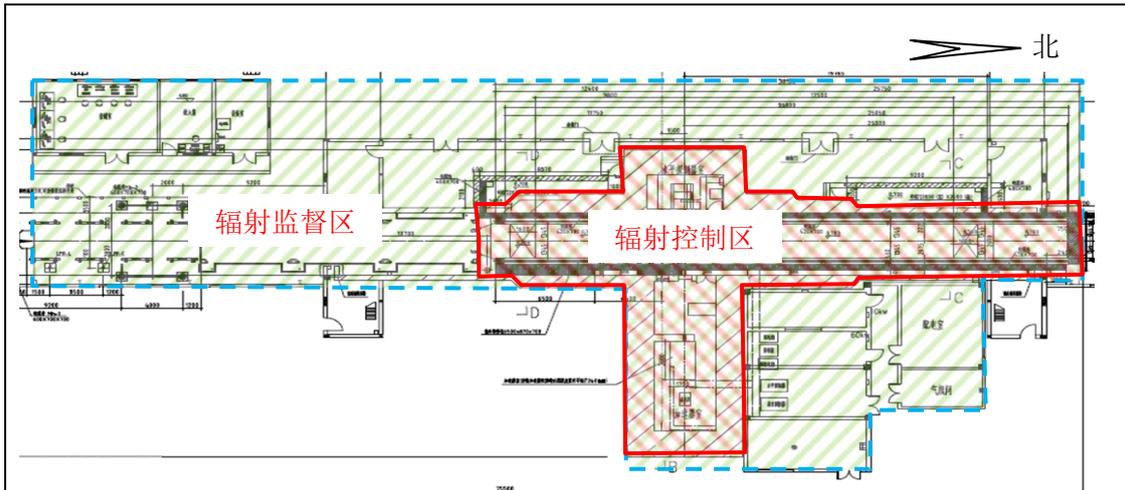


图 10-2 监督区与控制区划分示意图（俯视图）

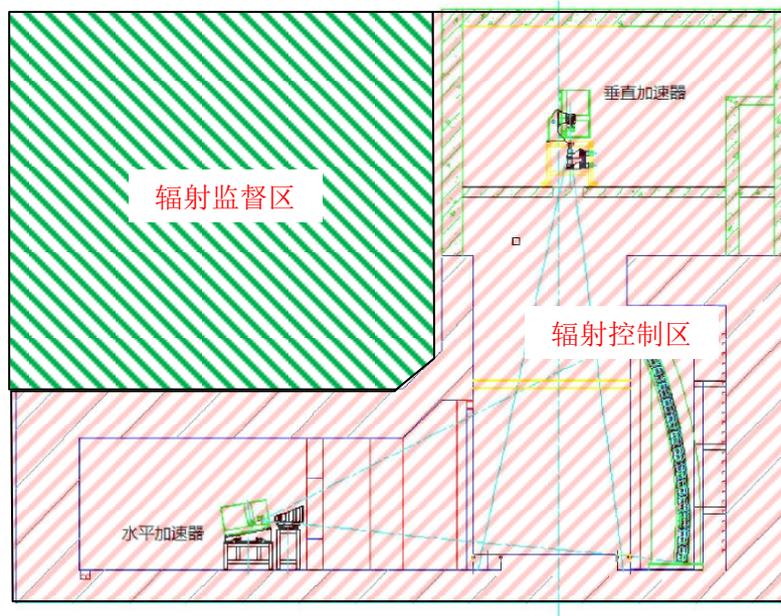


图10-3 监督区与控制区划分示意图（立面图）

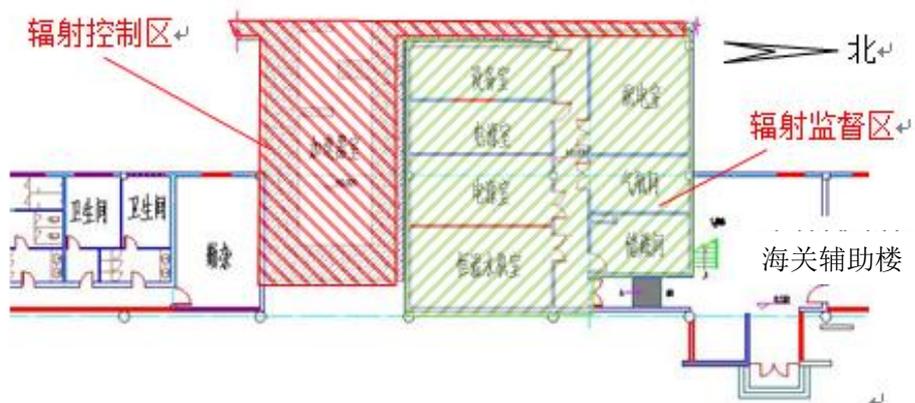


图 10-4 监督区与控制区划分示意图（海关辅助楼一层部分）

3 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统辐射屏蔽措施

3.1 总则

按照国家相关法规要求，项目应严格执行“辐射安全许可证”申报程序。辐射防护设施将与主体工程同时设计、同时施工、同时投产，项目竣工后，对辐射防护设施进行验收，其中包括辐射屏蔽措施、安全联锁与警示设施、辐射监测设备等，当验收合格后，系统方可正式投入运行。此外，系统运行过程中应制定严格的安全操作规程，定期对辐射工作场所和周边环境进行辐射监测，系统操作人员必须通过辐射安全防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，持证上岗。

3.2 辐射屏蔽措施

该系统加速器外有 5mm 铅+5mm 钢板等自屏蔽措施，机房、扫描通道等采用钢筋混凝土墙的方式进行屏蔽防护，参见附图 2（斜线填充部分为钢筋混凝土防护墙），构筑物各方向的屏蔽墙厚度如下：

◆水平视角加速器室：左、右侧墙厚均为 1800mm，后墙厚 2000mm，前墙厚 500mm，顶墙厚 1500mm；

◆垂直视角加速器室：左、后侧墙厚均为 650mm，右、前侧墙厚 500mm，顶板厚 500mm；底面厚 300mm；

◆水平视角探测器室后方墙厚为 2000mm，顶墙厚 1500mm，左右侧墙厚 1500mm；

◆水平视角加速器侧扫描通道墙：在水平加速器室中心线两侧 10.8m~10.8m 范围内的墙厚为 1000mm，离中心线两侧 10.8m~10.8m 范围外、23.0m~23.0m 范围内的通道墙厚为 400mm；

◆水平视角探测器侧扫描通道墙：在离探测器室中心线两侧 7.0m~7.0m 范围内的墙厚为 1500mm，离中心线两侧 7.0m~7.0m 范围外、10.8m~10.8m 范围内的墙厚为 1000mm，离中心线两侧 10.8m~10.8m 范围外、23.0m~23.0m 范围内的墙厚为 400mm。

◆扫描通道顶板：在水平加速器室中心线两侧 10.8m~10.8m 范围内的顶板厚为 1000mm，离中心线两侧 10.8m~10.8m 范围外、23.0m~23.0m 范围内的顶板厚为 400mm；

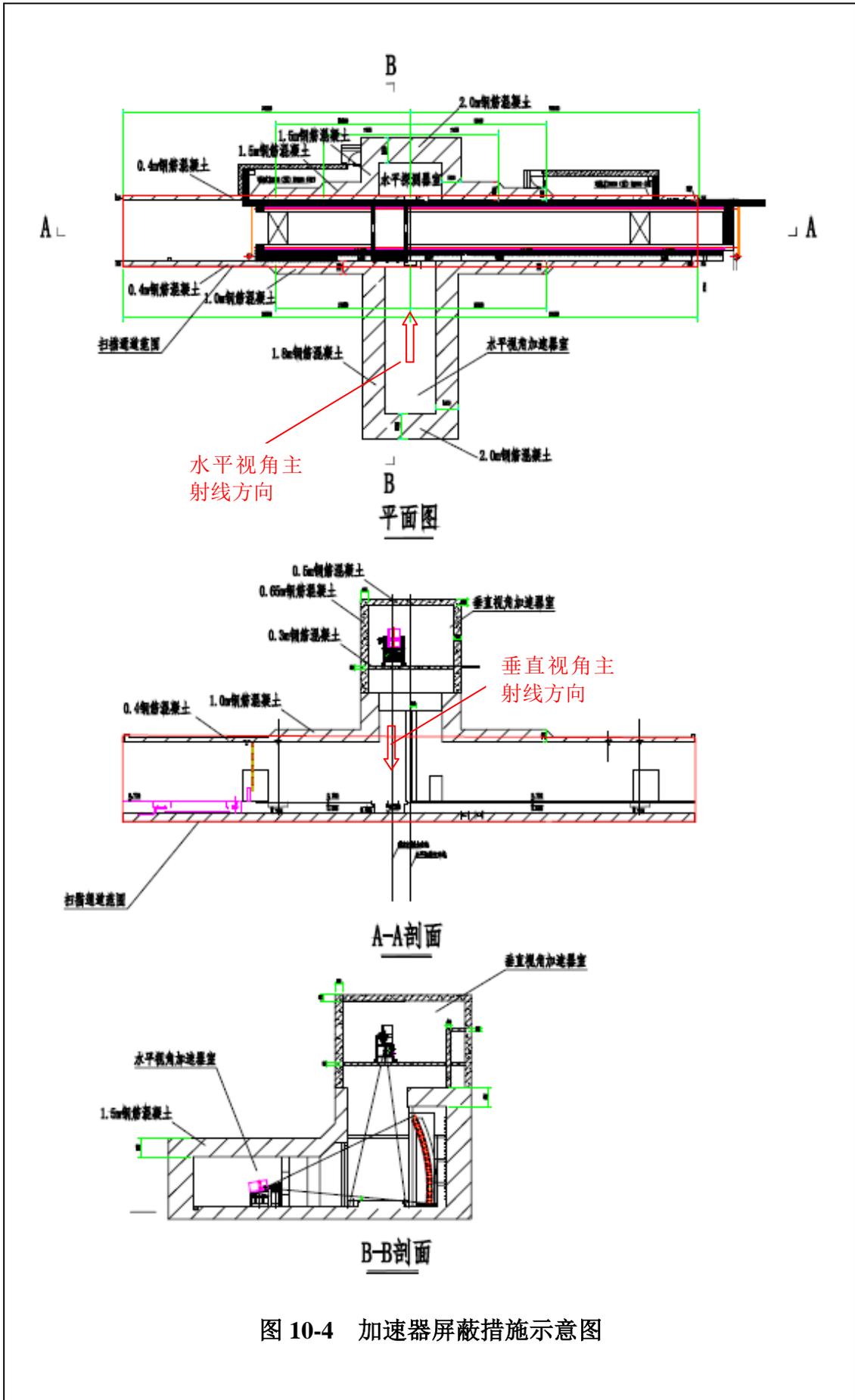


图 10-4 加速器屏蔽措施示意图

3.3 辐射防护安全措施

检查系统的辐射安全设计应遵循故障安全原则，设置冗余、多重的安全装置，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，检查系统均能建立起一种安全状态。辐射安全系统包括安全联锁开关、警示设备、急停设施、门联锁、监视装置及其它安全辅助设备。

3.3.1 安全联锁开关

为保证检查系统的安全运行，保障放射工作人员和公众的安全与健康，该检查系统的辐射安全设计遵循故障安全原则，拟设置冗余，多重的安全装置，采用多样化的部件，以保证当某一部件或系统发生故障时，检查系统均能建立起一种安全状态。辐射安全系统包括安全联锁开关、警示设备、急停设施、门联锁/微动开关连锁、监视装置和通讯设备、声光报警装置等。系统安全联锁逻辑图参见图 10-5。

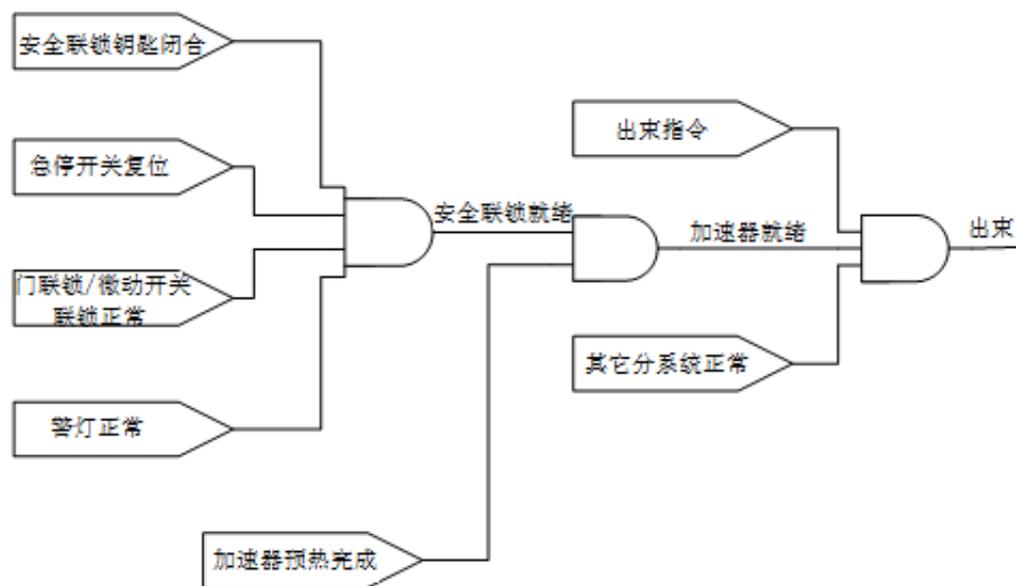


图10-5 集装箱/车辆检查系统安全联锁示意图

检查系统设置了以下的安全连锁措施：

1) 主控制台钥匙开关联锁

在其它设备具备允许出束条件时，只有钥匙插入并处于“工作”位置时，加速器才允许出束。

2) 门微动开关联锁

在调制器门、加速器 X 射线机头的面板、迷宫门、加速器室门、探测器室

门、司机通道门、电动挡杆上安装微动开关联锁装置。

只有当联锁面板、门、电动档杆关闭时，加速器才允许出束。任一联锁门或面板打开、或电动档杆抬起时，加速器不能出束或立即停止出束。

3) 钥匙联锁

系统控制操作台上的加速器安全钥匙、所有急停按钮恢复钥匙和一台剂量报警仪串连在一起，组成钥匙连锁串，任何情况下，不允许解除钥匙连锁串。任何一道安全联锁打开，检查系统立即中断工作，并只有通过就地复位才能重新启动。

4) 在联锁失灵时，禁止检查系统运行或中断检查系统的运行，并在控制台上显示。



图10-6 系统控制台上安全连锁开关



图10-7 门联锁

3.3.2 警示设备、标志

1) 在扫描车顶部横梁两侧、扫描大厅出/入口各安装一组“红、黄、绿”三色出束警灯和警铃，并附有文字提示。当系统上电，加速器未出束时，绿灯亮指示安全；当加速器准备就绪时，黄灯亮、警铃响；当加速器出束时，红灯亮提示正在出束、警铃响。

2) 在加速器X射线机头箱体外、辐射防护区四周和车辆出入口处设有电离辐射警告标志牌。

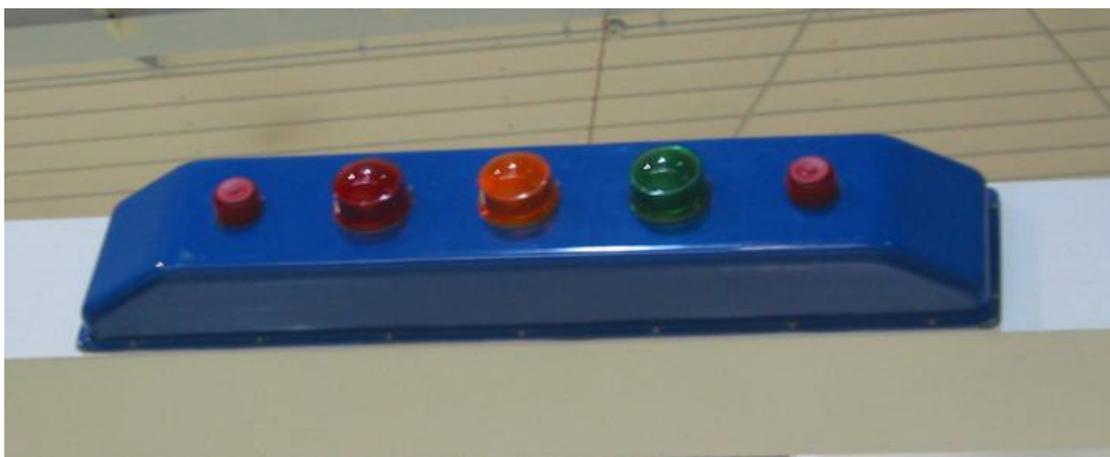


图10-8 警灯和警铃



图10-9 电离辐射警告标志

3.3.3 急停设施

1) 检查系统设有标记清楚并易触摸的应急求助装置，可在紧急状态下立即

中断辐射照射。

2) 在控制室内操作台上、X机头、调制器上、配电柜面板上、加速器室内/外、探测器室内/外、车辆出/入口电动挡杆等处安装有急停按钮。在扫描大厅内侧墙上装有急停拉线。

当紧急情况发生时，触发任何急停按钮或急停拉线，加速器立即停止出束。



图10-10 急停按钮、急停拉线

3.3.4 监视和通讯装置

1) 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。一方面可以防止有人误入控制区，保护人身安全；另一方面可以察看设备运行状况，有利于系统操作员进行安全、适时、恰当地控制扫描过程，保护设备安全。

2) 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。

3) 主控制室的计算机屏幕能显示安全联锁的工作状态，表示出鲜明的紧急警告信号并能及时显示故障内容。



图10-12 监视装置和通讯设备

3.3.5防止人员误入的安全措施

1) 在车辆出、入口处分别设有挡杆。只有在挡杆放下、封闭扫描大厅的条件下，加速器才能出束；挡杆抬起状态下，加速器不能出束或者立即停止出束。

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) 在扫描通道入口、出口布置两组扬声器，系统操作员准备出束前，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。

4) 扫描通道的出、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，提醒系统操作人员有人进入。

5) 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，操作员应立即停止加速器出束。



图10-13 红外报警装置、出/入口档杆

3.3.6 司机安全避让措施

1) 司机通道门连锁: 扫描系统使用拖动车拖动集卡进入扫描通道, 扫描过程无司机驾驶, 通道内设置专门的司机通道门并按照微动连锁开关, 只有确认司机离开扫描通道后, 系统才会启动扫描;

2) 视频监控系统: 系统操作人员可随时通过视频监控系统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;

3) 急停设施: 扫描通道内及司机通道内两侧设有急停拉线, 紧急情况下司机可随时拉急停拉线停止出束。

3.3.7 其他安全措施

1) 监测仪器配备: 检查系统现场配备一定数量的个人剂量报警仪和一台环境X、 γ 剂量率仪。

2) 日常巡查措施: 为避免意外事故发生, 要求工作人员每天工作前检查设备的辐射安全设施状态 (主要包括报警装置、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, 能及时发现、报修。

表10-1 本项目辐射安全与防护措施一览表

项目	设施 (措施)
水平视角加速器室	采用现浇钢筋混凝土防护墙, 左、右侧墙厚均为1800mm, 后墙厚2000mm, 前墙厚500mm, 顶墙厚1500mm
垂直视角加速器室	采用现浇钢筋混凝土防护墙, 左、后侧墙厚均为650mm, 右、前侧墙厚500mm, 顶板厚500mm; 底面厚300mm
水平视角探测器室	采用现浇钢筋混凝土防护墙, 后方墙厚为2000mm, 顶墙厚1500mm, 左右侧墙厚1500mm。
垂直视角探测器	垂直视角探测器位于地面混凝土层, 射线射向地面, 扫描通道无地下层, 不需要采取防护
扫描通道侧墙	水平视角加速器侧: 采用现浇钢筋混凝土防护墙, 在水平加速器室中心线两侧10.8m~10.8m范围内的墙厚为1000mm, 离中心线两侧10.8m~10.8m范围外、23.0m~23.0m范围内的通道墙厚为400mm。
	水平视角探测器侧: 采用现浇钢筋混凝土防护墙, 在离探测器室中心线两侧7.0m~7.0m范围内的墙厚为1500mm, 离中心线两侧7.0m~7.0m范围外、10.8m~10.8m范围内的墙厚为1000mm, 离中心线两侧10.8m~10.8m范围外、23.0m~23.0m范围内的墙厚为400mm。
扫描通道顶板	在水平加速器室中心线两侧10.8m~10.8m范围内的顶板厚为1000mm, 离中心线两侧10.8m~10.8m范围外、23.0m~23.0m范围内的顶板厚为400mm。

辐射防护安全系统	安全连锁开关	主控制台钥匙开关联锁、门微动开关联锁、钥匙连锁。
	警示设备/标志	扫描车顶部横梁两侧、扫描大厅出/入口各安装一组“红、黄、绿”三色出束警灯和警铃，并附有文字提示；在加速器X机头箱体外、辐射防护区四周和车辆出入口处设有电离辐射警告标志牌。
	急停设施	检查系统设有标记清楚并易触摸的应急求助装置，可在紧急状态下立即中断辐射照射；在控制舱内操作台上、X机头、调制器上、配电柜面板上、扫描车操作控制面板处、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。在扫描大厅内侧墙上装有急停拉线。
	监视和通讯装置	在扫描大厅内、外设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；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；主控制室的计算机屏幕能显示安全连锁的工作状态。
	防止人员误入的安全措施	在检查通道入口、出口设置档杆、布置两组扬声器；在加速器上电、就绪、出束期间，检查通道出入口处档杆始终处于放下状态，以防止无关人员闯入辐射防护区；检查通道的出、入口红外报警装置。
	司机安全避让措施	司机通道门连锁；视频监控系统；急停设施。
	其他安全措施	检查系统现场配备6台个人剂量计和一台环境X、 γ 剂量率仪；日常巡查措施。

三废的治理

本项目运行过程中定期更换的废靶、加速器照射头由设备供应商同方威视技术股份有限公司负责回收。

根据源项分析和环境影响评价，系统运行过程中会产生少量臭氧、氮氧化物，通过扫描大厅排风系统经顶部排出室外，对工作人员和周围环境公众基本没有影响。

拟开展的核技术利用项目在使用过程中不产生放射性废水、废气以及放射性固体废物。

环保投资估算

本项目环保投资主要包括屏蔽体防护措施和安全防护措施的投资，项目总投资 4425 万元，其中环保投资估算为 90 万元，具体见表 10-2。

表10-2 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

类别	拟采取的环保设施	估算投资金额 (万元)	备注
屏蔽体防护	垂直加速器机房的建设，左、后侧墙厚均为650mm，右、前侧墙厚500mm，顶板厚500mm；底面厚300mm。	70	原有屏蔽墙体不计入本次环保投资
安全防护措施	配置“红、黄、绿”三色出束警灯和警铃；电离辐射警告标志牌；在扫描大厅内、外设置摄像装置；扫描通道司机专用门的安装；操作台设置麦克风，在扫描大厅内、外安装的扬声器；在检查通道入口、出口布置电动档杆、扬声器；检查系统现场配备6台个人剂量计；1台环境X、 γ 剂量率仪。	20	
合计		90	

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目PB6000TD型集装箱/车辆检查系统在原有查验系统的基础上进行改造建设，主要是局部建筑物改建和装修、电缆线路改造、设备安装等，土建工程量较少，目前，项目的土建工程内容已基本结束。因此评价主要针对已产生的环境影响进行简要分析。

项目施工期污染源主要为施工噪声、扬尘、废水和固体废物。

1施工噪声影响

施工噪声主要来自施工机械设备，本项目高噪声施工设备主要为运输车辆、吊车、切割机等。由于项目周边200m范围内无固定居民点，项目施工时合理调整施工时间和施工布局，不在夜间和午间休息时间施工，以降低对周围声环境质量的影响。目前项目土建施工已完成，区域声环境已基本恢复。

2施工扬尘的影响

施工扬尘影响主要有土石方运输、倾倒产生的扬尘；建筑材料（白灰、水泥、沙子、砖）等搬运及堆放扬尘；施工垃圾的清理及堆放扬尘；车辆及施工机械来往造成的道路扬尘等。以上各类扬尘的产生高度较低，粉尘颗粒较大，污染扩散的距离不会很远，并且本项目建筑物料用量较少，故对环境空气影响相对较小。对施工车辆要求密闭运输或覆盖布进行遮挡，施工车辆严格按照指定运输路线行驶，防止物料沿途泄露、飞扬；项目施工期基本没有挖方工程，不存在渣土运输的环境影响。经现场实际勘察，现状场地内的地面为水泥地面，项目施工时及时采取洒水降尘措施，有效降低扬尘量，对施工人员及厂区大气环境影响有限。目前项目土建施工已经完成，施工扬尘的影响已消失。

3施工期污废水影响

施工期污废水主要包括施工生活污水和施工废水。施工生产废水主要为混凝土搅拌废水，使用量较小，经沉淀处理后循环使用和洒水降尘，不外排，对水环境影响有限。项目施工人员大约8人，生活污水主要依托海关辅助楼的生活污水处理设施处理达标后排入市政污水管网。

4固废影响

施工产生的固体废物主要有施工人员的生活垃圾、废建材、撒落的砂石料、废装修材料等。施工期生活垃圾依托厂区现有垃圾收集设施收集，由市政环卫

部门统一清运。经现场勘查，厂区现有的建筑垃圾（包括木模板、砂石废料等）有杂乱堆放的现象，在雨水的淋滤下可能会产生悬浮物较高的废水影响环境。评价建议建设单位加强施工期固废管理，对施工过程中产生的固废进行分拣回用，不能回用的及时清运或短期暂存、遮挡，以降低对外环境的影响。

在建设过程中，辐射装置未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响，施工期也无放射性废气、废水及放射性固体废弃物产生。

经分析，施工期加强管理、采取相应的扬尘、废水、噪声和固废防治措施后，不会对环境产生大的影响，并且施工期的影响随施工期的结束而消失，因此施工期的环境影响是有限的，也是可以接受的。

运行阶段对环境的影响

1 加速器运行情况

PB6000TD 集装箱/车辆检查系统扫描方式为快速扫描，设计扫描速度为 0.4m/s，扫描 18m 长的集卡（实际扫描长度为 20m）需用时约 50s；根据本项目以往的集卡车流量以及海关查验要求，系统年最大查验量为 30000 箱，加速器一年的出束时间不超过 417 小时。

系统工作人员计划按 2 班配置，每天 8 小时，隔天换班，系统年每年工作 250 天，则工作人员年工作时间为 1000 小时。

2 屏蔽计算

本项目使用设备为同方威视研制开发的最新双视角、双加速器扫描系统，目前没有可借鉴的运行效果监测报告，因此本项目运行期环境影响分析采用保守的理论计算进行预测分析。

2.1 屏蔽计算方法

参考《辐射防护导论》（方杰主编，原子能出版社出版，1991 年）。

◆透射计算公式

$$\dot{D} = \frac{\dot{D}_0}{r^2} \prod_{i=1}^n 10^{-d_i / TVT_i} \quad (11-1)$$

式中：

\dot{D} ——计算点剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

\dot{D}_0 ——源项剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

r ——计算点到源点的距离， m ；

d_i ——第 i 种屏蔽体的厚度， mm ；

TVT_i ——第 i 种屏蔽体的十分之一值层厚度， mm 。

◆漏射计算公式

$$\dot{D} = \frac{\dot{D}_0 f}{r^2} \prod_{i=1}^n 10^{-d_i / TVT_i} \quad (11-2)$$

式中：

\dot{D} ——计算点剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

\dot{D}_0 ——源项剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

f ——加速器泄漏率，取 2×10^{-5} ；

r ——计算点到源点的距离， m ；

d_i ——第 i 种屏蔽体的厚度， mm ；

TVT_i ——第 i 种屏蔽体的十分之一值层厚度， mm 。

◆散射计算公式

$$\dot{D}_{\text{散射}} = \frac{\dot{D}_0 S \alpha}{r^2 r_R^2} \prod_{i=1}^n 10^{-d_i / TVT_i} \quad (11-3)$$

式中：

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

\dot{D}_0 ——源项剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

S ——散射体面积， m^2 ；集装箱散射面积取 0.032 m^2 ，水平探测器散射面积取 0.07 m^2 ，垂直探测器取 0.03 m^2 ，水平准直器散射面积取 0.003 m^2 ，垂直准直器散射面积取 0.001 m^2 ；

α ——散射系数；根据 NCRP151，入射角和散射角为 0° 时，铅保守取 0.005 （准直器），铁保守取 0.0055 （集装箱、探测器）；入射角为 0° ，散射角为 30° ，铅保守取 0.0045 （准直器），铁保守取 0.005 （集装箱、探测器）；入

射角为 0° ，散射角为 45° ，铅保守取 0.0042（准直器），铁保守取 0.0047（集装箱、探测器）；入射角为 0° ，散射角为 75° ，铅保守取 0.0026（准直器），铁保守取 0.0028（集装箱、探测器）；

r ——源点到散射点的距离，m；水平视角：源点到集装箱距离 8.0m，源点到探测器距离 12.9m，源点到准直器距离 6.6m；垂直视角：源点到集装箱距离 8.8m，源点到探测器距离 12.9m，源点到准直器距离 2.1m；

r_R ——散射点到计算点的距离，m；

d_i ——第 i 种屏蔽体的厚度，mm；

TVT_i ——第 i 种屏蔽体的十分之一值层厚度，mm。

◆ 散射线能量估算公式

$$E_s = \frac{E_\lambda}{1 + \frac{E_\lambda}{0.511} (1 - \cos\theta)} \quad (11-4)$$

式中：

E_s 为散射线能量，MeV；

E_λ 为入射线能量，MeV；

θ 为散射线与入射线方向之间的夹角。

2.2 屏蔽计算参数

表 11-1 系统加速器参数

名称	参数
加速器最大能量	水平视角和垂直视角均为 6MeV
最大输出量	水平视角加速器：1Gy/min；垂直视角加速器：1Gy/min
张角	水平视角加速器： 31° ；垂直视角加速器： 20°

表 11-2 屏蔽计算 TVT 表

X 射线能量 (MeV)	TVT 值		
	铅 (mm)	铁 (mm)	混凝土 (mm)
1.35 (散射角为 45°)	19	44	150
0.47 (散射角为 90°)	13	32	125
0.25 (散射角为 180°)	2.9	26	94
6 (漏射线)	57	105	345
6 (主射线)	57	105	345

注：参考《辐射防护基础》（李星洪等编）及《0.1~100MeV 粒子加速器设施辐射防护设计指南》。

2.3 关注点

对设备正常运行过程中辐射危害评价主要是通过对系统周边相关关注点辐射剂量水平的估算来完成，根据项目设备安装情况，结合周边环境情况，计算过程中主要关注点设置为 8 个。关注点具体位置见附图 4，描述如下：

- A 点：水平视角加速器室正后方墙外 30cm 处；
- B 点：水平视角加速器室北侧辅助楼内；
- C 点：水平视角探测器室正后方墙外 30cm 处；
- D 点：扫描通道司机出口出；
- E 点：扫描通道入口档杆处；
- F 点：水平视角加速器室南侧、扫描通道东侧防护墙外 30cm 处；
- G 点：垂直视角加速器室外 30cm 平台处；
- H 点：水平加速器室正上方顶墙外 30cm 处。

2.4 屏蔽计算结果

关注点位置如附图 4 所示，经现场调查、结合图纸分析，关注点 B、D、F 与垂直加速器的距离相近，并且防护情况一致，为避免在剖面图上距离标注过于杂乱，仅对 B 点进行图示，D、F 点与垂直加速器距离等数据参考取用 B 点数据。出于保守考虑，计算过程中，屏蔽材料仅考虑了混凝土屏蔽，经计算各关注点剂量率的情况如表 11-3 所示：

表 11-3 关注点剂量率计算结果

关注点	射线类别	与源距离/源到散射点距离+散射点到计算点距离 (m)	屏蔽体厚度 (mm)	计算值 ($\mu\text{Gy/h}$)	叠加计算值 ($\mu\text{Gy/h}$)
A	水平视角加速器漏射	8.0	砼 2000	2.99×10^{-5}	2.99×10^{-5}
	垂直视角加速器漏射	21.4	砼 4450	2.45×10^{-12}	
	垂直视角准直器散射	2.1+20.3	砼 4150	1.85×10^{-29}	
	垂直视角集装箱散射	8.8+18.0	砼 2000	2.10×10^{-17}	
	垂直视角探测器散射	12.9+17.9	砼 2000	1.01×10^{-17}	
B	水平视角加速器漏射	4.2	砼 1800	0.0004	0.005
	水平视角准直器散射	6.6+8.7	砼 1800	5.65×10^{-16}	
	水平视角探测器散射	12.9+14.6	砼 1800	5.66×10^{-16}	
	水平视角集装箱散射	8.0+10.0	砼 1800	3.34×10^{-15}	
	垂直视角加速器漏射	20.8	砼 950	4.90×10^{-3}	
	垂直视角准直器散射	2.1+18.9	砼 650	4.60×10^{-6}	
	垂直视角探测器散射	12.9+9.6	砼 1800	3.29×10^{-13}	
	垂直视角集装箱散射	8.8+12.8	砼 1800	4.24×10^{-13}	

C	水平视角加速器透射	16.8	砵 2000	0.34	0.34
	垂直视角加速器漏射	13.7	砵 3500	4.58×10^{-10}	
	垂直视角准直器散射	2.1+12.0	砵 3000	2.46×10^{-21}	
	垂直视角探测器散射	12.9+7.0	砵 2000	2.87×10^{-14}	
	垂直视角集装箱散射	8.8+7.3	砵 2000	6.05×10^{-14}	
D	水平视角加速器漏射	15.8	砵 1500	2.16×10^{-4}	5.12×10^{-3}
	水平视角准直器散射	6.6+9.7	砵 1500	1.14×10^{-13}	
	水平视角探测器散射	12.9+5.2	砵 1500	1.12×10^{-12}	
	水平视角集装箱散射	8.0+8.5	砵 1500	1.16×10^{-12}	
	垂直视角加速器漏射	20.8	砵 950	0.0049	
	垂直视角准直器散射	2.1+18.9	砵 650	$4.60E \times 10^{-6}$	
	垂直视角探测器散射	12.9+9.6	砵 1800	3.29×10^{-13}	
E	垂直视角集装箱散射	8.8+12.8	砵 1800	4.24×10^{-13}	1.29
	水平视角加速器漏射	15.9	砵 1800	2.88×10^{-5}	
	水平视角准直器散射	6.6+13.2	——	6.17×10^{-2}	
	水平视角探测器散射	12.9+13.5	砵 1500	1.66×10^{-13}	
	水平视角集装箱散射	8.0+13.0	——	0.5	
	垂直视角加速器漏射	15.1	砵 1650	8.68×10^{-5}	
	垂直视角准直器散射	2.1+13.8	砵 1000	1.86×10^{-9}	
F	垂直视角探测器散射	12.9+11.9	——	0.21	0.005
	垂直视角集装箱散射	8.8+11.5	——	0.52	
	水平视角加速器漏射	8.9	砵 1800	9.18×10^{-5}	
	水平视角准直器散射	6.6+7.3	砵 1800	8.03×10^{-16}	
	水平视角探测器散射	12.9+10.5	砵 1800	1.09×10^{-15}	
	水平视角集装箱散射	8.0+7.7	砵 1000	$1.42E \times 10^{-8}$	
	垂直视角加速器漏射	20.8	砵 950	0.0049	
G	垂直视角准直器散射	2.1+18.9	砵 650	4.60×10^{-6}	1.23
	垂直视角探测器散射	12.9+9.6	砵 1800	3.29×10^{-13}	
H	垂直视角集装箱散射	8.8+12.8	砵 1800	4.24×10^{-13}	0.015
	垂直视角加速器漏射	7.0	砵 1050	1.23	
	水平视角加速器漏射	4.2	砵 1500	0.0031	
	水平视角准直器散射	6.6+8.6	砵 1500	1.45×10^{-13}	
	水平视角探测器散射	12.9+14.6	砵 1500	1.42×10^{-13}	
	水平视角集装箱散射	8.0+11.6	砵 1500	6.24×10^{-13}	
	垂直视角加速器漏射	13.2	砵 950	0.012	
	垂直视角准直器散射	2.1+12.2	砵 1000	5.12×10^{-8}	
垂直视角探测器散射	12.9+12.1	砵 1500	2.07×10^{-11}		
	垂直视角集装箱散射	8.8+11.0	砵 1500	5.74×10^{-11}	

由上表计算结果可知：关注点剂量率最大计算值为 1.29 μ Sv/h（E 点 扫描通道入口挡杆处），由此可判断检查系统监督区边界处的周围辐射剂量率均不大于 2.5 μ Sv/h；系统控制室位于扫描通道入口西南 25 米处，可以判断控制室和检入室內的辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h，符合标准《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）的要求。

3 剂量估算

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：

$$H_{E-r}=D_r \times t \times k \times 10^{-3} \quad (11-5)$$

式中：

H_{E-r} ——X射线外照射年有效剂量，mSv；

D_r ——X射线空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

t ——X射线照射时间，h；

k ——剂量转换系数，Sv/Gy，取1。

3.1 关注人员情况分析

系统周围关注人员分为职业人员和公众人员，根据系统人员设置情况，职业人员包括：检入人员、控制室操作人员、引导员和维护工程师；公众人员包括司机、扫描大厅周围其他人员及海关辅助楼内办公人员。

3.1.1 检入人员 按照扫描大厅出入口处（E点）剂量率进行保守估算，居留因子取1；

3.1.2 控制室操作人员 按照扫描大厅出入口处（E点）剂量率进行保守估算，居留因子取1；

3.1.3 引导员 引导员引导司机驾驶集装箱卡车驶入扫描通道，集装箱卡车停稳后，司机下车，在引导员的引导下离开控制区域，引导员确认扫描大厅内无人后，离开控制区，在扫描大厅外等候，按照扫描大厅出入口处（E点）剂量率进行保守估算，居留因子取1；

3.1.4 维护工程师 正常工况下，在维修值班室、控制室、扫描大厅四周，按照扫描大厅出入口处（E点）剂量率进行保守估算，居留因子取1/4；当系统维护或维修需进入扫描大厅时，系统处于非出束状态；

3.1.5 公众人员 包括司机、扫描大厅周围其他人员及海关辅助楼内办公人员，司机下车，在引导员的引导下离开控制区域，在司机等候室（水平探测器西侧）等候，按照扫描大厅出入口处（D点）剂量率进行保守估算；司机和扫描大厅周围其他人员居留因子取1/16；考虑到海关辅助楼将来可能作为办公楼使用，按照水平加速器室北侧辅助楼内（B点）剂量率进行保守估算，楼内

办公人员居留因子取 1。

表 11-4 本项目保护目标

保护人员类型	岗位	人数	工作场所	居留因子	接触的主要危害因素
职业人员	检入员	2	控制、检入室	1	电离辐射 (X 射线)
	操作员	2	控制、检入室	1	
	维护工程师	1	维修值班室、控制室、 扫描大厅四周	1/4	
	引导员	2	扫描通道外	1	
公众	司机和其他人员	/	司机等候室和扫描大 厅外其它地方	1/16	
	公众海关辅助楼内办 公人员	/	海关辅助楼内	1	

3.1 剂量估算分析

该系统扫描方式为快速扫描，图像检查通过网络传输由海关机构异地进行，系统设置工作人员 6 人，实行隔天轮班制，工作人员年工作时间为 1000 小时（其中加速器出束时间 417 小时）。根据式（11-5）计算相关人员预期年剂量水平，结果见表 11-5。

表 11-5 本项目相关人员预期年剂量水平

人员类型	岗位/工种	人数	预期年剂量水平	评价结论
职业人员	检入	2	0.12mSv/a	符合
	系统控制	2	0.12mSv/a	
	引导员	2	0.12mSv/a	
	维护工程师	1	0.03mSv/a	
公众	司机和其他人员	/	0.0001mSv/a	符合
	海关辅助楼内工作人员	/	0.0021mSv/a	

根据估算结果表明，放射职业工作人员和公众所受年剂量分别满足 5mSv/a 和 0.25mSv/a 的剂量管理目标值的要求。

4 屏蔽能力符合性分析及要求

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015)的规定,结合该检查系统的屏蔽情况及上述辐射环境影响评价结果,对其辐射屏蔽符合性进行如下分析:

(1) 已充分考虑周围的放射安全,且射线扫描区域与操作室分开。

(2) 根据计算结果,辐射工作人员和公众人员年附加有效剂量符合标准限值要求,屏蔽能力能够达到辐射防护要求。

(3) 采取多重辐射安全系统保障辐射装置的安全运行。

根据辐射环境影响分析可知,辐射工作人员和公众人员受到的额外照射均小于各自的剂量管理约束值(5mSv、0.25mSv),故该系统的屏蔽能力符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。

5 选址合理性分析

北仑二期集装箱码头位于宁波市北仑区北部海岸,查验中心位于北极星路和迎宾路交叉口西北角,项目 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统安装位置位于码头查验中心内,利用原有扫描大厅进行改造建设,扫描大厅东侧为海关辅助楼;西侧为查验中心内部通道和通达货物堆场;南侧为检查车辆进口及查验堆场;北侧为检查车辆出口及集卡停车区,评价范围内无村庄、居民小区等环境敏感点,经采取相应的屏蔽防护和管理措施后,对周围环境的影响能够满足标准要求,所以本项目的选址合理。

6 环评告知

为使周围公众了解本项目的建设情况及对环境的影响,建设单位就本项目的环评告知工作,于2016年10月18日在本项目建设地点查验中心张贴了辐射环境影响评价告知书,内容主要包括工程概况、环境影响及初步评价结论,意见反馈方式主要为电话,时间为10个工作日(见附件10),告知书现场照片见图11-1。公示期间没有收到任何反馈情况和异议。



图 11-1 本项目辐射环境影响评价告知书现场照片

7 事故影响分析

7.1 事故分析

该加速器在意外情况下，可能出现的辐射事故有：

- (1) 被检查车辆的驾驶员在加速器出束前尚未离开，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) 检查过程中有人员藏匿于被检车厢内，随车辆一起通过加速器的扫描，造成误照射。

7.2 辐射事故防范措施

为防范辐射事故的发生，保证系统的安全运行，建设单位采取了以下防范、预防措施：

- 1) 严格按照设备操作要求，设置防护、警示措施。
- 2) 制定《辐射事故应急预案》，检查系统全体人员必须充分重视并贯彻执行“预防为主、常备不懈”的方针，定期进行事故应急演练、总结和更新。
- 3) 有关人员必须做到岗前培训、职业体检、持证上岗、剂量监督；严格执行各项操作维修规定；未经辐射防护组书面批准，任何人无权擅自更改操作

和维修程序，以杜绝人为因素而导致放射事故的发生。

4) 发生放射事故时，必须立即采取以下应急措施：

①发生工作过程中意外事故：立即按下急停按钮。在控制台、扫描车驾驶室外侧、扫描车转台、电器柜控制面板和加速器舱体内都设有急停按钮；②发生人员误入监控区时：红外报警装置发出语音警告，并向控制台操作员发出紧急信号；同时控制台监视屏幕也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；协调员前往阻止；如人员继续走近，控制台操作员按急停按钮停止加速器出束。

5) 发生放射事故后，应立即向辐射安全防护管理小组及主管领导报告。

6) 辐射安全防护管理小组向环保行政部门（环保部门电话：12369）及公安部门（110）报告，并协助有关部门调查事故原因、事故后果，按“放射事故管理规定”判定事故性质和等级，填写事故报告表。

7) 对误照射人员进行血液等有关检查，密切观察其临床体征；对一次受照有效剂量超过0.05Sv者，应及时进行医学检查和必要的医学处理。

8) 凡发生放射事故，辐射安全防护管理小组在提出调查报告的同时，提出处理意见，报海关领导批准。按事故的性质及等级，对当事人采取批评、警告、扣除奖金等处罚措施。事故后果特别严重时，应追究当事人刑事责任。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

北仑海关已成立了辐射安全防护管理小组，明确了管理人员名单和职责，详见附件 5。管理小组组长：吴皓（单位主管负责人），副组长：孔海燕、穆建军。辐射防护领导机构规定了各成员的职责，做到分工明确、职责分明。辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证海关各项规章制度的实施。

环评报批后，应尽快申请换领《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》后射线装置方可投入使用。

辐射安全管理规章制度

北仑海关已制定了《辐射安全防护和管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《大型集装箱检查设备安全操作规定》、《岗位职责》、《设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《监测方案》、《职业健康监护及其档案管理制度》等辐射相关规章制度，同时做好了《辐射事故应急预案》，详见附件 5。目前本项目所有新增辐射工作人员均已参加了辐射安全和防护知识培训，并取得合格证书，详见附件 9。

本项目建成后，针对辐射活动的变化情况，提出如下要求：

（1）补充制定针对新设备的《操作规程》、相应的《岗位职责》，并制作、张贴辐射防护标志及司机注意事项等标识牌。

（2）补充其他辐射相关的管理制度，如《变更及注销制度》。

（3）环评报批后，需及时向相关部门申请更换许可证，并更改副本内容。

（4）单位须在本项目射线装置部分投入试运行 3 个月内申请竣工验收。

（5）人员管理方面要求辐射工作人员的职业卫生健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息必须统一；辐射工作人员的职业卫生健康档案需保存 3 年以上；个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

辐射监测

北仑海关已委托有资质机构定期对现有项目应用场所周围辐射水平进行监测，委托了宁波市疾病预防控制中心对辐射工作人员开展了个人剂量监测。评价建议本项目开展后，建设单位须定期委托有资质的单位，对项目场所周围环境进行辐射监测，监测数据、年度评估报告及年度辐射工作总结须每年年底向市环保上报备案。

- (1) 监测频度：每年常规监测一次。
- (2) 监测范围：加速器源室表面、检查系统周围、控制室内等。
- (3) 监测项目：X- γ 辐射剂量率。

辐射事故应急

本项目使用的电子直线加速器属 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条之规定，结合单位的实际情况和事故影响分析，该海关建立了《辐射事故应急预案》，包括以下内容：

- (一) 应急机构和职责分工；
- (二) 应急人员的组织、培训以及应急；
- (三) 可能发生辐射事故类别与应急响应措施；
- (四) 辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地环境保护部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

从事辐射活动能力分析

按照国务院第 449 号令中关于应用射线装置单位使用条件的规定，结合国家环保部第 18 号令、31 号令和《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求》结合项目实际，对建设单位从事辐射活动能力进行分析评估，并就不足之处提出完善要求。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	环评要求
1	从事使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	建设单位前期已取得辐射安全许可证，本次为改建项目	在取得环评批复后及时向相关环保部门申请更换辐射安全许可证
2	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	建设单位已成立了辐射防护管理组织	/
3	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	已参加初级辐射安全培训班，并取得合格证	严格执行人员培训制度，按要求安排复训
4	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案。特别应做好放射源的防火、防水、防盗、防抢、防破坏、防射线泄漏的实体保卫及防护措施	建设单位已制定了辐射事故应急预案	本项目建成后及时纳入应急预案体系
5	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	建设单位已制定相关管理制度。	补充《操作规程》、《岗位职责》等制度，并制作、张贴先关警示标志等
6	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	建设单位拟配置 1 台 X-γ 辐射监测仪，6 台个人剂量报警仪	做好监测记录并存档
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	已制定辐射人员健康管理制度	项目投入运行后将剂量计定期送检并归档
8	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	按要求执行	项目运行后，应纳入年度监测范围
9	应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目无放射性废物	/

本项目涉及使用 2 台 II 类射线装置，根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求》中的相关规定，建设单位采用“威视股份”生产的 PB6000TD 集装箱/车辆检查系统，设备配套设置有安全连锁开关、急停设施、监视和通讯装置、防止人员误入的安全措施、司机安全避让措施及其它的安全防护措施。

通过以上分析，建设单位目前具备的能力如下：

- 1、成立了辐射防护领导小组，有领导分管、安全机构健全。
- 2、辐射工作人员配备齐全，有一定的安全文化素养，全部培训合格。
- 3、辐射工作场所的拟设置的防护设施效能符合辐射防护要求。
- 4、事故应急预案可行，辐射安全规章制度齐全，满足辐射活动管理要求。

通过建设单位对照本环评提出的辐射安全防护设施和管理制度进一步完善后，本评价认为北仑海关具备从事使用Ⅱ类射线装置辐射活动的能力。

表 13 结论与建议

结论

1 实践的正当性

北仑海关拟在北仑二期集装箱码头查验中心配置 PB6000TD 型双加速器组合移动式集装箱/车辆检查系统，该系统主要包括 2 台 6MeV 直线加速器，属 II 类射线装置。系统采用 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藏匿危险品、走私品等，达到更准确的查验危险品、走私品的目的，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“实践正当性”的要求。

2 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录(2011年本)(2013年修正版)》第一类鼓励类第六项核能中第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”可知，本项目属于国家鼓励类项目，因此本项目的建设符合产业政策要求。

3 选址、布局合理性

项目在海关查验中心检查系统原址进行改造建设，未新增场址，查验中心场院东、南分别邻北极星路和迎宾路，西侧和北侧均为北仑港区其它货场，项目扫描大厅距居民区较远，射线装置所在建筑周围 50m 范围主要为查验中心内部建筑、绿化带和道路，没有村庄、居民小区等敏感区，加速器机房顶部临空设计、相邻房间设计为库房、会议室等功能，最大限度地确保了人员的安全，所以该项目的选址及布局是合理的。

4 环境质量现状评价

根据建设单位委托监测机构出具的监测报告，本项目拟建场址周围的辐射剂量率测量值在 72nSv/h~158nSv/h 之间，处于宁波市室内 γ 辐射空气吸收剂量率 80nGy/h~194nGy/h 之间。因此，本拟用场址各监测点位地表 γ 辐射剂量率在当地天然贯穿辐射水平范围以内，辐射环境质量状况未见异常。

5 主要污染因子及辐射环境影响预测评价

项目使用的电子直线加速器的污染因子主要考虑 X 射线。

根据辐射环境影响分析的结果，按照操作规程工作，项目运行期间，辐射

职业人员和公众人员受到的额外辐射照射剂量能够满足各自的剂量管理约束值（5mSv、0.25mSv），故该系统的屏蔽能力符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

6 污染防治措施

（1）根据预测计算，其防护能力能够满足辐射环境保护的要求。

（2）需在所有操作室内张贴相应的操作规程。

（3）系统设有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。

（4）将设备辐射工作场所划分为控制区和监督区，加速器出束时，禁止任何人在控制区内停留；加速器出束时，无关人员不得进入监督区区域，监督区入口设置电离辐射警告标志牌或防护围栏。

（5）所有射线装置机房均需设置工作指示灯，机房门外均需张贴电离辐射警告标志及其中文警示说明；各机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

7 辐射环境管理

（1）北仑海关已成立以吴皓（单位主管负责人）为组长的辐射安全防护管理小组，并明确了各成员的职责。

（2）北仑海关制定了《辐射防护和安全管理制制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《集装箱检查系统操作规程》、《放射防护安全操作规程》、《岗位职责》、《设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《监测方案》等辐射相关规章制度，同时做好了《辐射事故应急方案》。

（3）北仑海关本次改建项目使用的加速器为Ⅱ类射线装置，与原有加速器类别相同，故其现有的管理机构和各项规章制度基本满足相关法律、法规要求。同时应结合本项目开展，新增相应的操作规程、管理制度、设备检修维护制度、台账管理制度等。根据相关要求落实各项管理制度，加强对辐射工作人员安全防护知识的教育、培训。

8 安全培训及健康管理

（1）北仑海关原有辐射工作人员均已取得辐射安全培训合格证书。本项目涉及的辐射工作人员也已安排参加辐射防护安全知识和法律法规培训，并全

部考核合格，项目运行时工作人员均持证上岗。根据制度要求，已取得辐射安全培训合格证书的辐射工作人员须在规定的时间内进行复训。

(2) 北仑海关已委托宁波市疾病预防控制中心对原有辐射工作人员进行个人剂量监测，个人剂量仪每 3 个月测量一次，并建立了完整的职业健康监护和个人剂量档案，要求本项目新增人员也应当建立完整的职业健康监护及个人剂量档案。

(3) 北仑海关已组织原有辐射工作人员每两年进行一次职业健康检查，并建立了个人健康档案，辐射工作人员上岗和离岗前都应进行职业健康体检。本项目新增人员已安排上岗体检，体检结论为：可以从事放射工作。要求本项目新增人员应及时纳入职业健康体检及档案管理体系中。

9 结论

综上所述，宁波北仑二期 PB6000TD 双加建设改造工程（改建）项目在切实落实本报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，该项目对职业人员和公众人员是安全的，对周围环境产生的影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化，因此从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

建议与承诺

(1) 补充完善其他辐射相关的管理制度，按要求设置相关警示标志和防护围栏。

(2) 本环评报批后，建设单位需及时向相关部门申请更换许可证，并更改副本内容。

(3) 公司须在本项目投入试运行 3 个月内申请竣工验收。

(4) 本项目实施退役的，应当依法编制和报批退役环境影响评价文件，按照环境保护行政主管部门的批复要求落实各项退役措施并接受验收检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人签字

公章

年 月 日

审批意见

经办人签字

公章

年 月 日