

核技术利用建设项目

塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查
站车体查验系统建设项目
环境影响报告表

2026年8月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查
站车体查验系统建设项目
环境影响报告表

建设单位名称：中共塔什库尔干塔吉克自治县委员会政法委员会

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：塔什库尔干塔吉克自治县思瞳路027号

邮政编码：845250

联系人：陈明

邮件地址：1207296418@qqcom 联系电话：18590586150

目录

表1 项目基本情况	1
表2 放射源	11
表3 非密封放射性物质	11
表4 射线装置	12
表5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表6 评价依据	14
表7 保护目标与评价标准	18
表8 环境质量和辐射现状	25
表9 项目工程分析与污染源项	30
表10 辐射安全与防护	45
表12 辐射安全管理	82
表13 结论与建议	87
表14 审批	91
附图附件	
附件1委托书	
附件2 现状监测报告	
附件3本项目设备厂家信息	
附件4新疆维吾尔自治区环境天然放射性水平调查研究报告(1989年)	
附图1现场踏勘图	
附图2项目平面图	
附图3项目剖面图	
附图4辐射屏蔽设计平面图	
附图5辐射屏蔽设计剖面图	

表1 项目基本情况

建设项目名称		塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站车体查验系统建设项目			
建设单位		中共塔什库尔干塔吉克自治县委员会政法委员会			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		新疆维吾尔自治区塔什库尔干塔吉克自治县思瞳路027号			
项目建设地点		喀什地区塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站前哨班综合查验室出入境通道处			
立项审批部门				批准文号	
建设项目总投资 (万元)		1700	项目环保投资 (万元)	70	投资比例(环保 投资/总投资)
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积(m ²)
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ 类(医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性 物质	☐ 生产	☐ 制备PET用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
1.1 项目概况 1.1.1 建设单位概况 中共塔什库尔干塔吉克自治县委员会政法委员会，是塔什库尔干塔吉克自治县委领导、管理全县政法工作的核心职能部门，属县委常委工作机构，统筹领导全县人民法院、人民检察院、公安局、司法局、国家安全机关等政法单位，是落实党对政法工作绝对领导、统筹平安建设、法治建设、边疆稳固工作的中枢平台。根据调查了解，中共塔什库尔干塔吉克自治县委员会政法委员会目前不涉及核技术利用项目。					

1.1.2项目单位概况

中华人民共和国红其拉甫出入境边防检查站隶属于新疆出入境边防检查总站，是垂直管理的移民管理行政机关，机关驻塔什库尔干塔吉克自治县城，执勤前哨班驻守海拔 5100 米红其拉甫国门，为我国与巴基斯坦唯一陆路口岸、中巴经济走廊关键通关节点。主要承担出入境人员、交通运输工具边防查验、口岸通道全程监护、跨境违法犯罪查缉、涉外通关服务、国门景区秩序保障等职责。根据调查了解，中华人民共和国红其拉甫出入境边防检查站此前出入境人员、车辆查验采用人工查验模式，目前不涉及核技术利用项目。

1.1.3项目应用的目的和任务由来

为提升边检查缉效能和口岸通关率，有效防范走私、偷渡、毒爆物品流入等风险，2025年6月13日，塔什库尔干塔吉克自治县发展和改革委员会以《****的批复》，对本项目进行了立项，拟同意在塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站前哨班综合查验室出、入境通道各安装1套车体查验系统。项目总投资1700万元，资金来源为2025年瓦罕走廊边境防控补助资金。

批复文件明确项目日常监管责任单位（建设单位）为中共塔什库尔干塔吉克自治县委员会政法委员会，明确使用单位为塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站（红其拉甫出入境边防检查站为中华人民共和国新疆出入境边防检查总站下辖正处级派出机构，无独立法人资格）。

根据《中华人民共和国环境保护法》《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》《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》等相关规定，“辐射工作单位在申请辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批”。

根据环境保护部和国家卫生和计划生育委员会《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（公告2017年第66号）的规定，本项目出境通道拟安装的安全检查用加速器、入境通道拟安装的车辆检查用X射线装置，均属于II类射线装置。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》的现有规定，本项目符合“十五、核与辐射”大类下“172、核技术利用建设项目”一栏中“使用II类射线装置的”的具体内

容。因此，该项目应编制环境影响报告表。

乌鲁木齐星辰汇峰环保科技有限公司接受中共塔什库尔干塔吉克自治县委员会政法委员会委托，承担对该项目的环境影响评价工作。接受委托后，公司组织技术人员进行了现场勘查，收集、整理有关资料，对项目的建设情况进行了初步分析，并根据项目的应用类型及项目所在地周围区域的环境特征，在现场勘查、资料调研、预测分析的基础上，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》（HJ10.1-2016）的基本要求，编制了《塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站车体查验系统建设项目环境影响报告表》。

1.2 项目建设规模

1.2.1 项目建设规模

建设内容及规模：拟在塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站前哨班综合查验室出、入境通道各安装1套车体查验系统，其中出境通道拟安装1套安全检查用加速器（型号BGV6100）、入境通道拟安装1套车辆检查用X射线装置（型号BGBS2030），配套建设附属防护设施。对出入境集装箱/车辆进行扫描检查。项目建设规模具体内容如下表。

表1-1 本项目车辆检查系统参数表

设备名称	型号	数量	类别	加速 粒子	能量参数	工作场所	用途
组合移动式集装箱/ 车辆检查系统	BGV6100	1	II类	电子	6/3MeV交替 双能	出境通道	安全检查
三视角固定式背散 射安全检查系统	BGBS2030	1	II类	/	225kV；39mA	入境通道	安全检查

注：三视角固定式背散射安全检查系统上方、左侧、右侧各有一个X射线管组件，单个额定管电压225kV，单个额定管电流13mA，三视角固定式背散射安全检查系统运行时，额定能量参数为225kV；39mA，下同。

表1-2 本项目建设内容一览表

工程类别	工程内容	工程功能或规模
主体工程	2套查验系统	出、入境通道各安装1套车体查验系统，其中出境通道拟安装1套安全检查用加速器（型号BGV6100）、入境通道拟安装1套车辆检查用X射线装置（型号BGBS2030）
	边检指挥室	两套系统共用一间边检指挥室，位于通道西南方向，玻璃隔断建筑
配套工程	检查大厅	依托塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站现有检查大厅（出境部分），以及扩建钢结构检查大厅（入境部分，长约89.6m，宽约47.8m，面积约4282.88m ² ，根据建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版），扩建钢结构检查大厅不纳入环评管理）。
公用工程	供配电系统	依托塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站现有公用工程
	给排水系统	
	通讯系统	
环保工程	BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统	混凝土安检通道尺寸为54m×11.4m，防护墙单侧长54m，高8.25m，厚0.4m；设备自屏蔽情况见下表。
	BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统	自屏蔽设计，100mm石膏板安检通道尺寸为46m×14m
	辐射安全设施	2套查验系统拟设置辐射安全连锁与警示设施，包括系统出束安全连锁钥匙开关、门连锁、急停拉线、警灯警铃、监视装置。

注：出入境边防检查站检查大厅和海关共用，出境通道西南侧紧邻停用海关 H986，详见附图 1 现场踏勘图。

表 1-3 BGV6100 组合移动式集装箱/车辆检查系统源项参数

项目	指标及参数
射线源	交替双能电子加速器
张角（竖直方向）	扇形窄束，张角64°
型号	BGV6100
最大能量	最大6MeV（6/3MeV交替双能）
加速粒子	电子
物质识别	区分有机物、无机物，分别用特定的颜色标识
被检查集装箱最大尺寸	12.2m（长）×2.4m（宽）×2.6m（高）（40尺标准柜）
扫描方式	主动模式、快检模式
距靶 1 米处的剂量率	24Gy/h（400mGy/min）
加速器泄漏率	非主射线方向泄漏率不大于 2×10^{-6} ， 后向泄露率不大于 4×10^{-6}
有用束方向	有用束朝西南方向
扫描速度	0.4m/s

表 1-4 BGV6100 组合移动式集装箱/车辆检查系统自屏蔽设计参数

屏蔽体	屏蔽参数
准直器	200mm铅
加速器舱	加速器舱车辆进出方向两侧采用5mm铅+20mm钢；加速器前舱后壁采用20mm钢
探测器臂架	30mm铅+20mm钢进行屏蔽
探测器后方主射线屏蔽	主射线方向上，X射线穿过探测器后路径上采用180mm铅+30mm钢进行屏蔽

表 1-5 BGBS2030 三视角固定式背散射安全检查设备系统源项参数

项目	指标及参数
射线源	X射线机
射线源数量	3个
最大管电压	225 kV
最大管电流	225kV； 39mA
距靶 1 米处的剂量率	依据《辐射防护手册第一分册辐射源与屏蔽》相关核算结果：在X射线管管电压225kV、管电流13mA，附加3mm铜（Cu）滤过条件下，距离X射线靶1米位置处的理论最大剂量率为 $3.4 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ （3.4Gy/h）； BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统采用飞点扫描技术，X射线管输出量占空比为0.000765，实际X射线管距靶1m处最大剂量率为0.0026Gy/h（2600 $\mu\text{Gy/h}$ ）。
滤过材料	3mmCu
张角（竖直方向）	扇形窄束，张角110°
型号	BGBS2030
最大能量	225keV
物质识别	区分有机物、无机物，分别用特定的颜色标识
被检查集装箱最大尺寸	12.2m（长）×2.4m（宽）×2.6m（高）（40尺标准柜）
扫描方式	固定式
X射线泄漏率	非主射线方向泄漏率不大于 4×10^{-8}
三个有用束方向	有用束朝向下；有用束朝西南方向；有用束朝东北方向
扫描速度	0.4m/s

注：三视角固定式背散射安全检查系统上方、左侧、右侧各有一个X射线管组件，单个额定管电压225kV，单个额定管电流13mA，三视角固定式背散射安全检查系统运行时，额定能量参数为225kV；39mA。

表 1-6 BGBS2030 三视角固定式背散射安全检查设备自屏蔽设计参数

屏蔽体	屏蔽参数
准直器	20mm铅
X射线机舱	7mm铅+7 mm钢
探测器臂架	5mm铅+5mm钢

1.2.2人员定荷

本项目建设单位、使用单位均为首次开展核技术利用工作，目前工作人员核技术利用培训工作正在进行中，本项目拟投入 8 名辐射工作人员轮转使用 2 套车辆检查系统。（8 名辐射工作人员受塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站管理）

1.3项目选址及周边环境关系

1.3.1 项目选址

本项目位于喀什地区塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站前哨班综合查验室出入境通道处，出境通道中心坐标E：75°27'53.384"，N：36°50'53.983"。，入境通道中心坐标E：75°27'51.072"，N：36°50'55.300"。

1.3.2 项目周边关系

拟建项目位于塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站前哨班综合查验室出、入境通道处，选址具有唯一性。2套查验系统坐落于314国道上，入境通道南侧紧邻海关H986（长期停用状态，计划搬迁，拆除相关设施作为普通道使用）。

根据现场调查，本项目评价范围（出入境通道防护墙两侧向外延伸50m，出入境通道口两侧向外延伸100m）无居民区，学校，幼儿园，医院等敏感建筑。

BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统周边保护目标为：北侧12.7m的拟建旅检区域；东侧29.04m的引导人员活动区域、待检区；南侧33.34m的边检办公区②；西南侧48m的边检指挥室；西南侧62.73m的边检办公区①；以及安检通道防护墙两侧50m，通道口两侧100m范围内区域的公众人员

BGBS2030三视角固定式背散射安全检查设备周边保护目标为：北侧23.6m的拟建旅检区域；东南侧47.87m的边检办公区②；东南侧28m的边检指挥室；南侧13.55m的边检办公区①；西南侧23m的边检执勤室；西侧30.57m的引导人员活动区域、待检区；以及安检通道两

侧50m，通道口两侧100m范围内区域的公众人员。

2套查验系统周边共涉及13个保护目标。本项目地理位置见图1-1，周边环境关系具体见图1-2。本项目评价范围示意图见图1-3。13个保护目标明细情况见下表7-1。

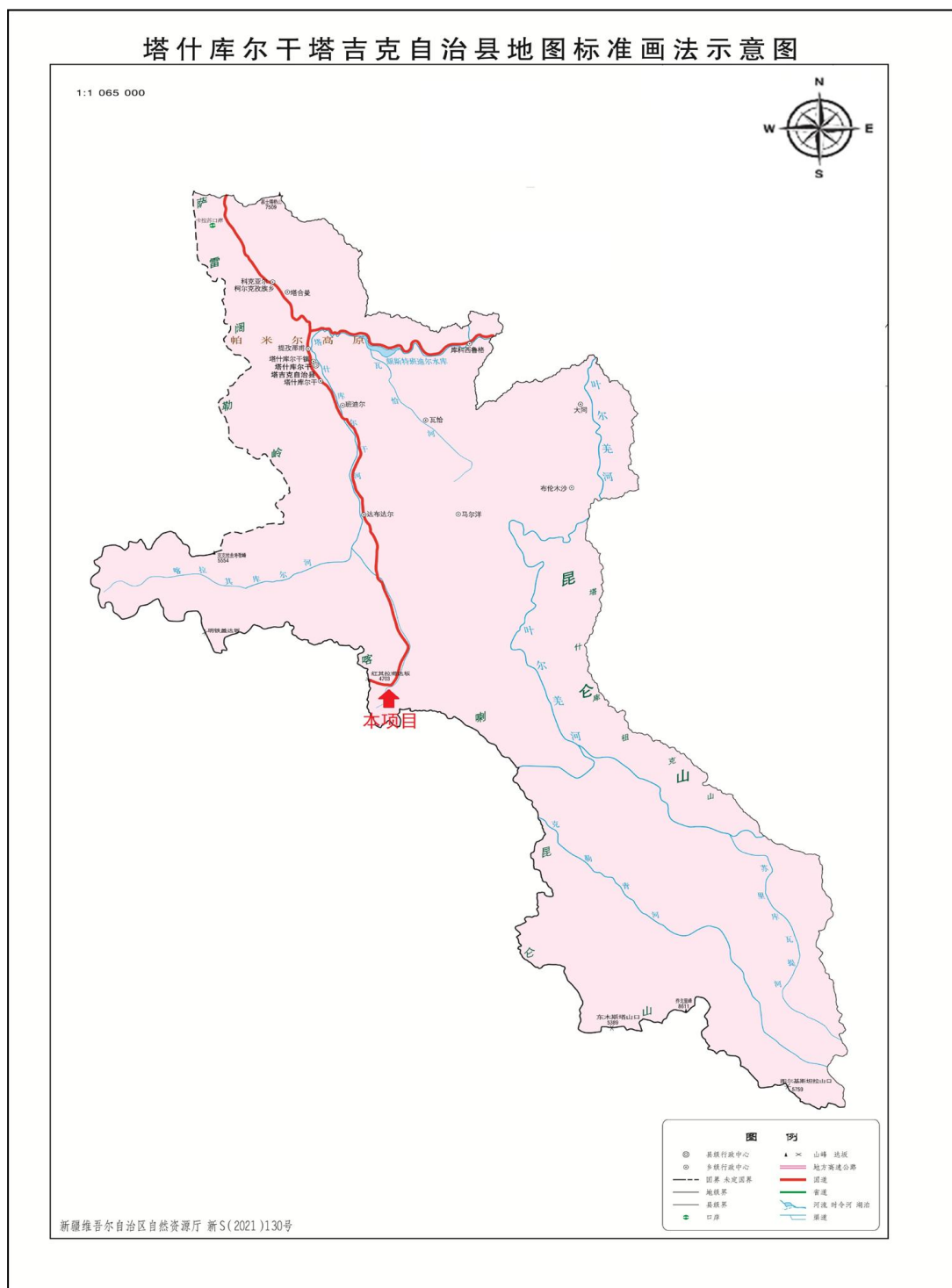


图1-1 本项目地理位置示意图

图1-2 项目周围环境布局示意图

图1-3 本项目评价范围示意图

1.3.3与生态环境分区管控相关政策文件符合性分析

（1）与“关于印发《新疆维吾尔自治区生态环境分区管控动态更新成果》的通知”（新环环评发〔2024〕157号）符合性分析

表1-7 本项目与新环环评发〔2024〕157号相符性分析

新环环评发〔2024〕157号文要求	本项目	相符性
空间布局约束：（A1.1-1）禁止新建、扩建《产业结构调整指导目录（2024年本）》中淘汰类项目。禁止引入《市场准入负面清单（2022年版）》禁止准入类事项。（A1.1-2）禁止建设不符合国家和自治区环境保护标准的项目。（A1.2-2）建设项目用地原则上不得占用永久基本农田，确需占用永久基本农田的建设项目须符合《中华人民共和国基本农田保护条例》中的相关要求，占用水浇地、林地或草地的建设项目须按照国家、自治区相关补偿要求进行补偿。（A1.4-1）一切开发建设活动应符合国家、自治区主体功能区规划自治区和各地颁布实施的生态环境功能区划、国民经济发展规划、产业发展规划、国土空间规划等相关规划及重点生态功能区负面清单要求，符合区域或产业规划环评要求。	本项目使用车辆货物安全查验系统，符合国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类项目中四十三、公共安全与应急产品2. 检验检测装备及技术：食品药品安全快速检验技术、仪器设备开发及应用，放射性、毒品等违禁品、核生化恐怖源等危险物品快速探测检测技术与产品，生命探测装备，消防产品质量快速检测设备，农产品及其产地环境的有害元素监测技术开发与应用，故本项目建设符合产业政策。本项目在已批复的出入境通道内建设，不占用农田，符合当地国土空间规划。	符合
污染物排放管控：（A2.1-1）新、改、扩建重点行业建设项目应符合“三线一单”、产业政策、区域环评、规划环评和行业环境准入管控要求。重点区域的新、改、扩建重点行业建设项目应遵循重点重金属污染物排放“减量替代”原则。（A2.2-1）推动能源、钢铁、建材、有色、电力、化工等重点领域技术升级，控制工业过程温室气体排放，推动工业领域绿色低碳发展。积极鼓励发展二氧化碳捕集利用与封存等低碳技术。促进大气污染物与温室气体协同控制。实施污染物和温室气体协同控制，实现减污降碳协同效应。	本项目为核技术利用项目，不涉及重金属污染物排放，也不涉及能源、钢铁、建材、有色、电力、化工等重点行业。本项目选用绿色节能设备，可以降低碳排放。	符合

环境风险防控：〔A3.2-2〕依法推行农用地分类管理制度，强化受污染水浇地安全利用和风险管控。因地制宜制定实施安全利用方案，鼓励采取种植结构调整等措施，确保受污染水浇地全部实现安全利用。〔A3.2-4〕加强环境风险预警防控。加强涉危险废物企业、涉重金属企业、化工园区、集中式饮用水水源地及重点流域环境风险调查评估，实施分类分级风险管控，协同推进重点区域、流域生态环境污染综合防治、风险防控与生态修复。	本项目产生的施工废水、扬尘、建筑垃圾可以依托现有设施，本项目涉及的射线装置经许可后才能使用，环境风险可控。	符合
资源利用要求：〔A4.1-4〕地下水资源利用实行总量控制和水位控制。取用地下水资源，应当按照国家和自治区有关规定申请取水许可。地下水利用应当以浅层地下水为主。〔A4.3-4〕鼓励使用清洁能源或电厂热力、工业余热等替代锅炉燃料用煤。	本项目不涉及取用地下水资源。	符合

(2) 与《喀什地区“三线一单”生态环境分区管控方案》（2023年版）符合性分析

根据《喀什地区“三线一单”生态环境分区管控方案》（2023年版），本项目属于塔什库尔干塔吉克自治县一般管控单元，环境管控单元代码为ZH65313130001。该单元生态环境准入清单管控要求及符合性分析见表1-8。

表1-8 项目与生态环境准入清单管控要求及符合性分析

总体要求			
管控维度	管控内容	项目概况	符合性
空间布局约束	1.执行喀什地区总体管控要求中“A1.1-7、A1.1-8、A1.3-1、A1.3-3、A1.3-7、A1.4-1、A1.4-2、A1.4-3、A1.4-4、A1.4-6、A1.4-7”的相关要求。 2.执行喀什地区一般环境管控单元分类管控要求中“A7.1”的相关要求。禁止开发采伐性林产品、野生动物骨骼装饰品等不利于生态保护的产品。	本项目不开采矿物，不占用基本农田，本项目不属于高污染高环境风险类建设项目，项目在现有用地内建设，项目占地不涉及生态红线，对周边生态影响较小。本项目在既有安检通道内安装查验设备，建设辐射安全设施，项目建设调试等工作内容对野生动物影响较小。	符合
污染物排放	1.执行喀什地区总体管控要求中“A2.3-3、A2.3-4、A2.3-5、A2.3-6、A2.3-7、A2.3-8”的相关要求。 2.执行喀什地区一般环境管控单元分类管控要求中“A7.2”的相关要求。 严格控制林地、草地、园地农药使用量，禁止使用高毒、高残留农药。	本项目不属于“三高”项目及淘汰类、限制类项目，辐射工作人员产生的生活污水依托原有防渗化粪池，定期清运不外排。	符合

环境风险	1.执行喀什地区总体管控要求中“A3.1”的相关要求。 执行喀什地区一般环境管控单元分类管控要求中“A7.3”的相关要求。	本项目不产生危险化学品，辐射工作场所均采取了防护措施，环境风险可控。	符合
资源利用效率	1.执行喀什地区总体管控要求中“A4.1、A4.2”的相关要求。 2.执行喀什地区一般环境管控单元分类管控要求中“A7.4”的相关要求。 大力推行风电、地热等清洁能源开发利用。	本项目供热采用电采暖，属于清洁能源的应用。	符合

(3) 与《塔什库尔干塔吉克自治县国土空间总体规划（2021—2035年）》符合性分析

根据塔什库尔干塔吉克自治县人民政府发布的《塔什库尔干塔吉克自治县国土空间总体规划（2021—2035年）》，规划提出：“九、边境安全与对外开放：完善边境通道建设，强化中心城区与口岸、乡镇节点联系。”

本项目已经取得塔什库尔干塔吉克自治县发展和改革委员会的立项批复，项目建成后可强化出入境车辆查验监管、完善口岸通道硬件配套，强化口岸基础设施保障能力，因此项目建设符合县域国土空间总体规划。

1.4 评价目的

- (1) 对项目拟建场址进行辐射环境现状监测，以掌握该场址的辐射环境本底状况；
- (2) 对项目运行后产生的辐射环境影响进行预测，对周围环境可能产生的不利影响和存在的问题提出防治措施；
- (3) 为项目的辐射环境管理决策提供科学依据。

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 (MeV)	额定电流 (mA) /剂 量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	组合移动式 集装箱/车辆 检查系统	II类	1	BGV6100	电子	6.0MeV	距靶1m的等中心处 的X线辐射剂量率为 24Gy/h	安全检查	出境通道	/

(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	三视角固 定式背散 射安全检 查系统	II类	1	BGBS2030	225	39	安全检 查	入境通道	系统上方、左侧、右侧各 有一个X射线管组件，单 个额定管电压225kV，单 个额定管电流13mA，三 视角固定式背散射安全 检查系统运行时，额定能 量参数为225kV； 39mA。

(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	气态	/	/	极少量	极少量	极低浓度	/	经大气扩散稀释，其影响可不考虑
氮氧化物	气态	/	/	极少量	极少量	极低浓度	/	经大气扩散稀释，其影响可不考虑
废靶	/	/	/	/	/	/	/	有资质单位（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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国生态环境法典》2026年3月12日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，自2026年8月15日起施行。 (2) 《中华人民共和国环境保护法》2015年1月1日修订并施行，2026年8月15日起废止。 (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》2018年12月29日修订并施行，2026年8月15日起废止。 (4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003年10月1日施行，2026年8月15日起废止。 (5) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第682号，2017年10月1日施行。 (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》2021年1月1日施行。 (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院令第709号，2019年3月2日修订并施行。 (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》生态环境部令第20号，2021年1月4日修订并施行。 (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011年5月1日施行。 (10) 《突发事件应急预案管理办法》，国办发〔2024〕5号，2024年02月07日施行。 (11) 《关于发布<射线装置分类>的公告》2017年12月6日施行。 (12) 《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》2006年9月26日施行。 (13) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》2015年7月1日施行。 (14) 《新疆维吾尔自治区环境保护条例》新疆维吾尔自治区第十三届人民代表大会常务委员会公告第11号2018年9月21日修订并施行。 (15) 《中华人民共和国职业病防治法》2018年12月29日修订并施行（主席令第六号）。 (16) 《放射工作人员职业健康管理办法》卫生部令第55号，2007年11月1日施行。 (17) 《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。 (18) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》2017年11月20日施行。 (19)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430
------	--

	号)。(20)《新疆维吾尔自治区辐射事故应急预案》(新政办发〔2021〕81号)。 (21)《中华人民共和国原子能法》2025年9月12日第十四届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议通过,2026年1月15日起施行。 (22)《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。 (23)《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。 (24)《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)>的通知》环办〔2013〕103号,2014年1月1日起施行。 (25)《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10月25日发布。 (26)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环境部公告2021年第9号,2021年3月15日起施行。 (27)《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单(试行)>的通知》环办辐射函〔2025〕313号,2025年8月29日发布。 (28)《产业结构调整指导目录(2024年本)》2024年2月1日施行。
技术标准	(1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (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》(HJ 10.1-2016); (3)《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015); (4)《辐射型货物和(或)车辆检查系统》(GB/T 19211-2015); (5)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157—2021); (6)《辐射环境监测技术规范》(HJ61—2021); (7)《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025); (8)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021); (9)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023); (10)《辐射事故应急监测技术规范》(HJ1155-2020)。
其他	(1)《新疆维吾尔自治区2024年生态环境状况公报》(2025年5月,新疆维吾尔自治区生态环境厅); (2)《环境影响评价委托书》(中共塔什库尔干塔吉克自治县委员会政法委员会);

	(3) 《辐射防护导论》（方杰，1988年8月）； (4) 《辐射防护手册》（李德平、潘自强主编）； (5) 《NCRP 51》（美国国家辐射防护与测量委员会） (6) 《塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站车体查验系统建设项目设计图纸及设备资料》（中广核贝谷科技有限公司，2026年6月）。
--	--

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目使用II类射线装置，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/T10.1-2016）的规定，“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）”。根据下文计算结果，项目运行时出入境通道口两侧10m处的剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足监管要求，无需扩大设置评价范围，故本项目将出入境通道防护墙两侧延伸50m，出入境通道口两侧延伸100m，作为本项目辐射环境评价范围，评价范围见上图1-3。

7.2 保护目标

本项目拟建场所评价范围内无居民住宅，因此本项目保护目标主要为工作场所周围活动的职业人员和周围公众人员，本次评价环境保护目标详见下表7-1。

表7-1 本项目主要环境保护目标一览表

序号	所在场所	方位	与设备运行区域的距离（m）	人数	保护目标
BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统周边环境保护目标一览表					
1	拟建旅检区域	北	12.7	流动人员	公众
2	引导人员活动区域、待检区（BGV6100设备）	东	29.04	1	职业
				流动人员	公众
3	边检办公区②	南	33.34	50	公众
4	边检指挥室	西南	48	2	职业
5	边检办公区①	西南	62.73	50	公众
6	安检通道防护墙两侧50m，通道口两侧100m范围内区域	四周	5~100	流动人员	公众
BGBS2030三视角固定式背散射安全检查设备周边环境保护目标一览表					
1	拟建旅检区域	北	23.6	流动人员	公众
2	边检办公区②	东南	47.87	50	公众
3	边检指挥室	东南	28	2	职业
4	边检办公区①	南	13.55	50	公众
5	边检执勤室	西南	23	2	公众
6	引导人员活动区域、待检区（BGBS2030设备）	西	30.57	1	职业
				流动人员	公众
7	安检通道两侧50m，通道口两侧100m范围内区域	四周	5~100	流动人员	公众

保护目标调查说明：

(1) BGV6100南侧的既有入境通道和BGBS2030北侧的扩建入境通道，不存在公众滞留情况，完成查验后车辆驶离，故不单独列入保护目标。

(2) 拟建旅检区域、边检办公区①、边检办公区②面积占比大，2套查验系统均划定为目标。

(3) BGV6100的引导人员活动区域、待检区，距BGBS2030设备较远，不重复划定为保护目标；BGBS2030的引导人员活动区域、待检区，距BGV6100设备较远，不重复划定为保护目标，

(4) 边检执勤室距待检区距BGV6100设备较远，面积占比小，不重复划定为保护目标。

(5) 边检办公区①、边检办公区②内工作人员为：口岸签证民警、翻译人员，办公室综合岗人员、后勤保障人员，不从事辐射工作（不从事《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128—2019）C.1中的相关工作），属于公众人员。

(6) 边检指挥室内劳动定员每班2人，引导人员活动区域每班各1人，共2人。

7.3 评价标准

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

“第4.3.3.1条 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）。”

“第4.3.3.2条 防护与安全最优化的过程，可以从直观的定性分析一直到使用辅助决策技术的定量分析，但均应以某种适当的方法将一切有关因素加以考虑，以实现下列目标：

a) 相对于主导情况确定出最优化的防护与安全措施，确定这些措施时应考虑可供利用的防护与安全选择以及照射的性质、大小和可能性；

b) 根据最优化的结果制定相应的准则，据以采取预防事故和减轻事故后果的措施，从而限制照射的大小及受照的可能性。”

附录B中规定的职业照射和公众照射的年剂量限值：

附录B1.1职业照射

附录B1.1.1剂量限值

附录B1.1.1.1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），20 mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

公众照射剂量限值

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，如果各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，对辐射工作值的一个合理达到的尽可能低的水平。

根据辐射防护最优化原则，应尽量降低人员受照剂量。本报告表对于辐射工作人员取年有效剂量限值的1/4作为年有效剂量约束值，本项目职业工作人员的照射年剂量约束值取5mSv/a；公众人员采用年剂量限值的1/10，即0.1mSv/a作为年剂量管理约束值。

2. 车辆辐射检查系统的适用标准

2.1 《辐射型货物和（或）车辆检查系统》（GB/T 19211-2015）

根据《辐射型货物和（或）车辆检查系统》（GB/T 19211-2015），本标准不适用于背散射技术的货物和(或)车辆检查系统。

2.2 《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中规定：

本标准不适用于采用 X射线机的检查系统、背散射式的检查系统及计算机断层扫描检查系统。

因本项目同时使用加速器检查系统和背散射式的检查系统，背散射式的检查系统无相关适应标准，相关要求参照执行《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）执行。

本标准规定了货物/车辆辐射检查系统（以下简称检查系统）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。

本标准适用于采用下列类型的辐射对货物、运输车辆、货运列车进行扫描成像的检查系统：

- 加速器（最大电子能量小于10MeV）产生的X射线；
- 密封放射源释放的 γ 射线；
- （D，D）和（D，T）反应产生的快中子。

本标准不适用于采用X射线机的检查系统、背散射式的检查系统及计算机断层扫描检查系统。

4 检查系统分类

4.2按结构形式分类：

a) 固定式检查系统：辐射源和探测器系统固定不动，移动被检物通过有用线束区实现辐射成像的检查系统。检查系统的辐射屏蔽通常采用建筑物屏蔽或围栏等方法；

b) 移动式检查系统：被检物固定不动，辐射源和探测器系统围绕被检物移动实现辐射成像的检查系统。检查系统的辐射屏蔽可采用自屏蔽、围栏或建筑物屏蔽等方法，可以在不同检查场地移动使用。

6辐射水平控制要求

6.1个人剂量

检查系统工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应符合GB 18871的要求，并制定年计量管理目标值。

6.2辐射源箱的泄漏辐射水平

6.2.1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场所辐射水平

6.3.1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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

6.3.2驾驶员位置一次通过周围剂量当量

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 $0.1 \mu\text{Sv}$ 。

6.3.3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率应不大于 $1.0 \mu\text{Sv/h}$ 。

7 辐射安全设施要求

7.1 安全联锁装置

7.1.1 出束控制开关

在检查系统操作台上应装有出束控制开关。只有当出束控制开关处于工作位置时，射线才能产生或出束。

7.1.2 门联锁

所有辐射源室门、进入控制区的门及辐射源箱体外防护盖板等应设置联锁装置，与辐射源安装在同一辆车上的系统控制室的门也应设置联锁装置。上述任一门或盖板打开时，射线不能产生或出束。

7.1.3 紧急停束装置

在检查系统操作台、辐射源箱体等处应设置标识清晰的紧急停束装置，例如急停按钮、急停拉线开关等，可在紧急情况下立即中断辐射源的工作。当任一紧急停束装置被触发时，检查系统应立即停止出束，并只有通过就地复位才可重新启动辐射源。

7.1.4 加速器输出剂量联锁

X 射线检查系统的加速器输出剂量超出预定值时，加速器应能自动停止出束。

7.2 其他安全装置

7.2.1 声光报警安全装置

检查系统工作场所应设有声光报警安全装置以指示检查系统所处的状态，至少应包括出束及待机状态。当检查系统出束时，红色警灯闪烁，警铃示警。

7.2.2 监视装置

检查系统辐射工作场所应设置监视用摄像装置，以观察辐射工作场所内人员驻留情况和设备运行状态。

7.2.3 语音广播设备

在检查系统操作台上应设置语音广播设备，在辐射工作场所内设置扬声器，用于提醒现场人员注意和撤离辐射工作场所。

7.2.4 辐射监测仪表

根据检查系统特点，配备以下合适的辐射监测仪表：

- a) 个人剂量报警仪和剂量率巡检仪；
- b) 在 X 射线检查系统的加速器出束口处应配置辐射剂量监测仪表实时监测输出剂量，并在检查系统操作台上显示输出剂量率；

8 操作要求

8.1 一般要求

8.1.1 除非工作需要，工作人员应停留在监督区之外。

8.1.2 每天检查系统运行前，操作人员应按照表 A.1 的相关要求进行检查，确认其处于正常状态。

8.1.3 每次检查系统出束前，操作人员确认控制区内无人后，方可开启辐射源出束。

8.1.4 进入辐射工作场所时，操作人员应确认辐射源处于未出束状态，并携带个人剂量报警仪。

8.1.5 检查系统运行过程中，操作人员应通过监视器观察辐射工作场所内的情况，发现异常情况立即停止出束，防止事故发生。

8.1.6 检查系统发生故障或使用紧急停束装置紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，禁止重新启动辐射源。

8.1.7 检查系统结束一天工作后，操作人员应取下出束控制开关钥匙交安全管理人员妥善保管，并做好安全记录。

8.2 安装调试和维修时的要求

8.2.1 检查系统的安装调试和维修人员，除应接受放射防护培训且考核合格外，还应经过设备厂家专业技术培训合格后，方可进行相关的安装、调试和维修工作。

8.2.2 在设备调试和维修过程中，如果需要解除安全联锁，应先获得安全管理人员批准，并设置醒目的警示牌。工作结束后，操作人员应先恢复安全联锁并确认检查系统正常后才能使用。

9 辐射防护监测与检查

9.2 验收监测和检查

9.2.1 检查系统出厂前，生产单位应按本附录 A 中的验收监测和检查要求，对设备的辐射防护性能进行全面的型式试验，确认与辐射防护和安全有关的设计要求得到满足后方可出厂。

9.2.2 检查系统运营单位在产品正式使用前，应按国家有关法规规定委托具有相应资质的机构按附录 A 中的要求，进行验收监测和检查，并经监管部门验收合格后方可投入正式运行。

9.3 常规监测和检查

检查系统在正常运行中，运营单位应按附录 A 中的要求定期进行常规监测和安全检

查，及时排除隐患，杜绝事故的发生。

3.《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）中规定：

4 环境噪声排放标准

4.1建筑施工中厂界环境噪声不得超过表1规定的排放限值。

表1 建筑施工厂界环境噪声排放限制 单位：dB（A）

昼间	夜间
70	55

4.2夜间噪声最大声级超过限制的幅度不得高于15dB（A）。

4.大气环境评价标准

《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ 143-2015）中7.6条款规定了：辐射源室内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于0.30mg/m³。

表8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目位于喀什地区塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站前哨班综合查验室出入境通道处，出境通道中心坐标E：75°27'53.384"，N：36°50'53.983"。入境通道中心坐标E：75°27'51.072"，N：36°50'55.300"。项目地理位置见上图1-1。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 评价对象

拟建车辆检查装置周围的辐射环境现状。

8.2.2 监测因子

环境 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.3 监测方案

1、监测单位：乌鲁木齐星辰汇峰环保科技有限公司

2、监测日期：2026年05月24日

3、监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

4、天气环境条件：天气：多云；温度：-1.4℃；相对湿度：27.4%

5、检测仪器：见表8-1

6、监测点位：

根据现场调查，BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统周边保护目标为：北侧12.7m的拟建旅检区域；东侧29.04m的引导人员活动区域、待检区；南侧33.34m的边检办公区②；西南侧48m的边检指挥室；西南侧62.73m的边检办公区①；以及安检通道防护墙两侧50m，通道口两侧100m范围内区域的公众人员BGBS2030三视角固定式背散射安全检查设备周边保护目标为：北侧23.6m的拟建旅检区域；东南侧47.87m的边检办公区②；东南侧28m的边检指挥室；南侧13.55m的边检办公区①；西南侧23m的边检执勤室；西侧30.57m的引导人员活动区域、待检区；以及安检通道两侧50m，通道口两侧100m范围内区域的公众人员。

本次监测选取在2套查验系统四周进行监测，该点位包含查验系统四周职业人员和公众可到达区域，具有代表性；同时在保护目标边检指挥室、边检办公区设置了监测点位。此外，因边检执勤室在BGBS2030安检通道入口处，与监测点位8（拟建入境通道西侧）位于同一位置，其监测结果具有代表性。上所述，本次监测共设10个环境 γ 辐射剂量率监测点，

监测结果可以明确项目区的辐射现状。

表8-1 监测仪器参数

仪器名称	仪器型号	仪器编号	仪器参数	计量单位/ 证书编号	有效日期
X、γ辐射检测仪	RJ32-3602	XCJC-YQ-026	量程：探头剂量率： 1nGy/h~1000.00μGy/h； 能量范围：20keV~ 3MeV	北京市计量检测科学 研究院校准证书 HD26U-UK177402	2026.03.26 ~ 2027.03.25

8.2.4 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。
- 2、监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。
- 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。
- 6、报告严格实行三级审核制度，经校对、审核，最后签发。

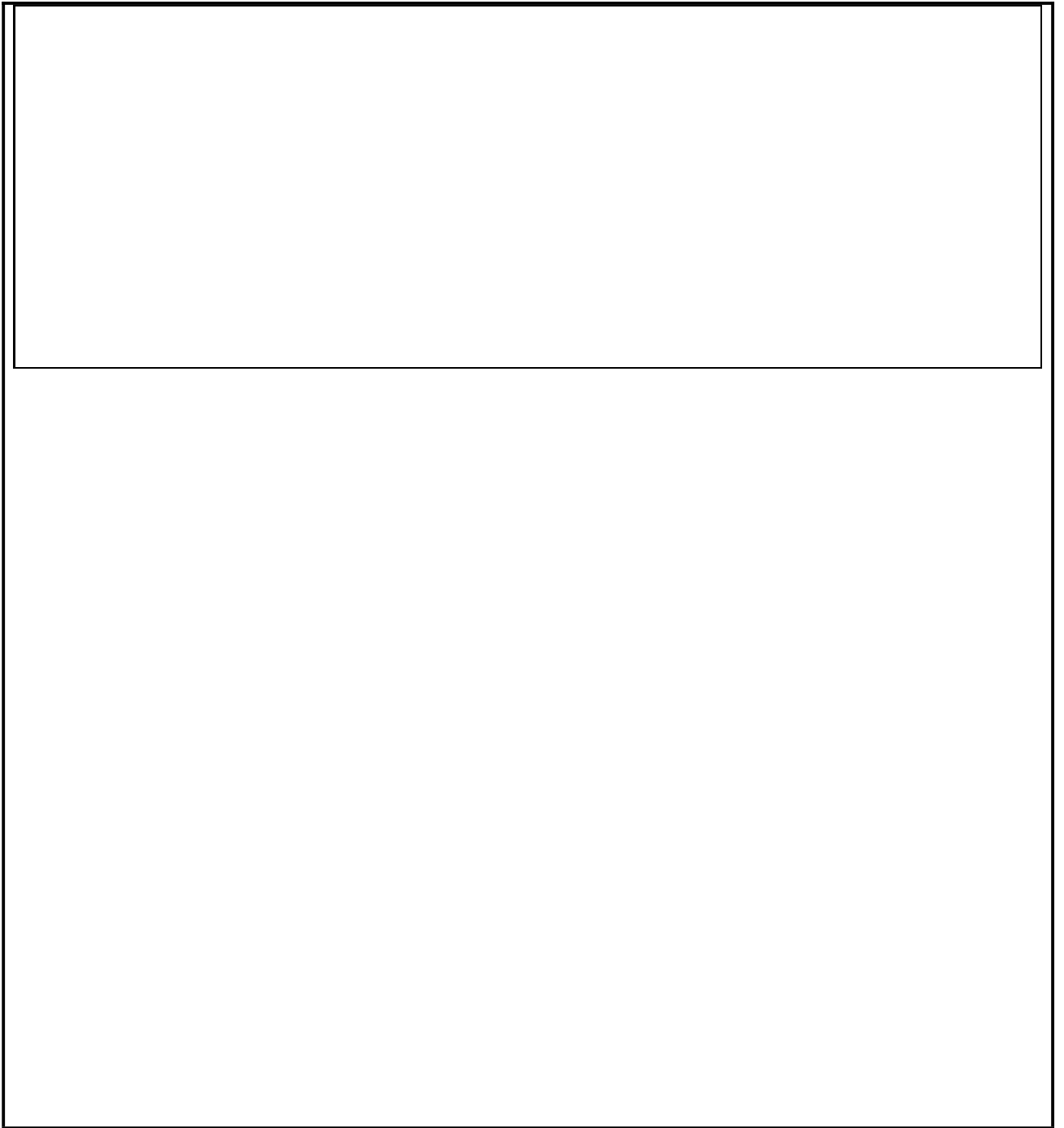
8.3 监测点位及结果

2026年05月24日，乌鲁木齐星辰汇峰环保科技有限公司对中华人民共和国塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站车体查验系统建设项目周围环境进行现状监测，监测布点图见图8-1。检测报告见附件2。本项目监测结果如表8-2。

表8-2 环境γ辐射剂量率监测布点及结果一览表

序号	点位描述	监测结果（μGy/h）
1	拟建出境通道北侧	0.134
2	拟建出境通道东侧	0.135
3	拟建出境通道南侧	0.129
4	拟建出境通道西侧	0.129
5	拟建入境通道北侧	0.132
6	拟建入境通道东侧	0.126
7	拟建入境通道南侧	0.128
8	拟建入境通道西侧	0.127
9	拟建边检指挥室	0.128
10	拟建边检办公区	0.130

注：环境γ辐射致空气吸收剂量率监测结果未扣除宇宙射线响应的贡献值。



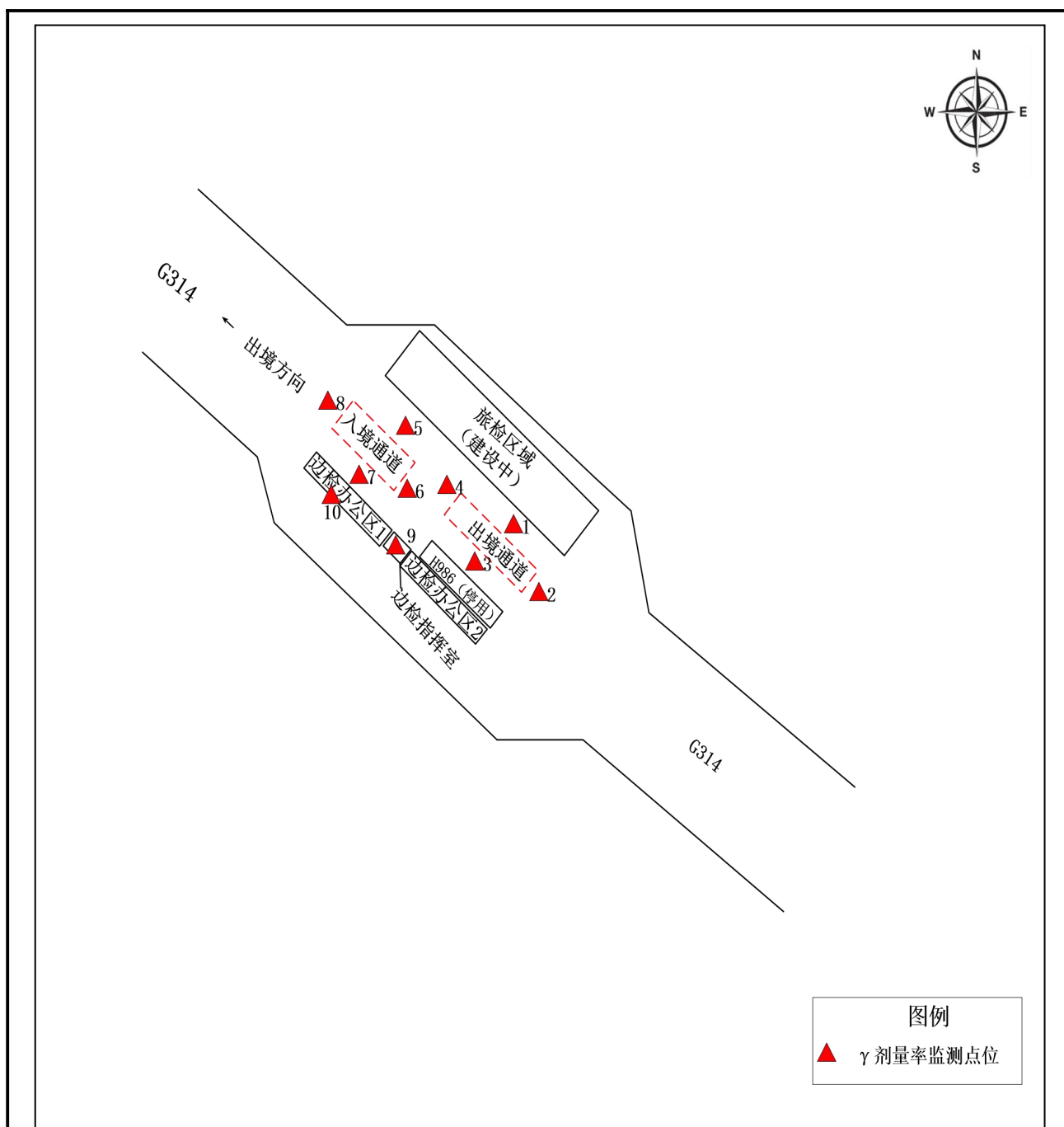


图8-1 环境监测布点图

8.4 环境现状调查结果的评价

由表8-2 所列的监测结果可知，拟建项目周围各监测点位的环境本底 γ 辐射空气吸收剂量率在 $0.126\sim 0.135\mu\text{Gy/h}$ 之间。

根据查阅《新疆维吾尔自治区2025年生态环境状况公报》，喀什市辐射环境自动监测站环境 γ 辐射剂量率年均值为 90nGy/h ($0.09\mu\text{Gy/h}$ ，未扣除仪器对宇宙射线的响应值)，拟建项目周围各监测点位的环境本底 γ 辐射空气吸收剂量率在 $0.126\sim 0.135\mu\text{Gy/h}$ ，与喀什市辐

射环境自动监测站环境 γ 辐射剂量率年均值相差不大，则可说明本项目 γ 辐射剂量率监测结果属于天然本底水平，未发现辐射异常。

2025 年，全区环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。

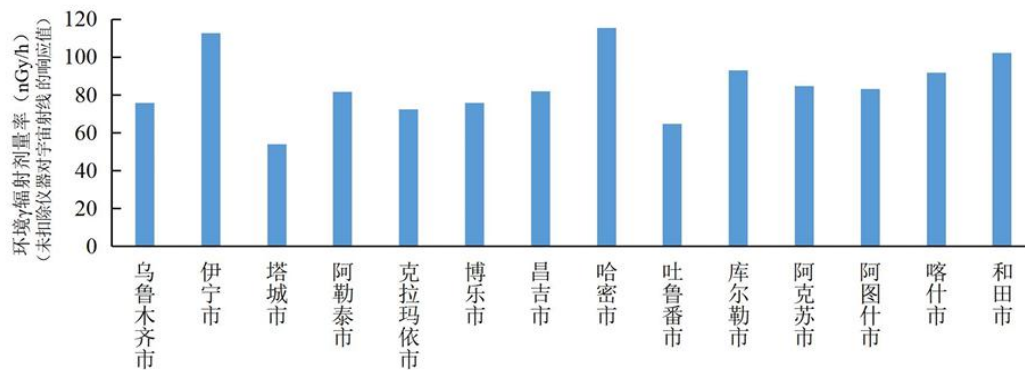


图 6 全区 14 个城市辐射环境自动监测站环境 γ 辐射剂量率年均值

表9 项目工程分析与污染源项

9.1工程设备与工艺分析

(1) 安全检查用加速器（型号BGV6100）

BGV6100型集装箱车辆检查系统是中广核贝谷科技股份有限公司最近推出的一种新型组合移动式集装箱/车辆检查系统。车辆停止在安检通道上，扫描架以0.4m/s的速度对车辆进行扫描。该检查系统采用了交替双能成像技术，采用6/3MeV交替双能电子直线加速器作为辐射源，设备穿透力不小于300mm钢板，能够更加快速、有效地在不开箱的情况下检查出藏匿在货物中的危险品及各种违禁物品，提高了查验准确程度。

(2) 车辆检查用X射线装置（型号BGBS2030）

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统是中广核贝谷科技有限公司研制的大型安检设备。其特点是具备3个X射线管，3个X射线管呈等边三角形布置，三视角固定式背散射安全检查系统上方、左侧、右侧各有一个X射线管组件，单个额定管电压225kV，单个额定管电流13mA，三视角固定式背散射安全检查系统运行时，额定能量参数为225kV；39mA，一次通行获取三维立体图像，解决单/双视角遮挡漏检问题，适合于港口、陆路口岸、机场等场所的大型车辆检查。

9.1.1车辆查验系统设备组成

(1) BGV6100型集装箱车辆检查系统的组成和功能

本项目BGV6100型集装箱车辆检查系统包括以下七个部分：

(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) 探测器分系统

包括阵列探测器、前端电路、探测器电源装置等几部分。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。

(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。

(4) 扫描控制分系统

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。扫描控制分系统可让操作员同时通过多角度摄像监控设备对系统工作场地进行实时监控，并提供对整个系统安全联锁装置的控制，主要任务包括三方面：一是为各个分系统供电并提供过载短路保护；二是对系统的整个扫描运行过程进行控制；三是在扫描运行过程中保证人员和设备的安全。

（5）扫描装置分系统

主要由扫描车、扫描驱动以及厢体间连接机构等组成。其主要功能为承载加速器、探测器及图像获取分系统，并可在扫描控制分系统的控制下对集装箱进行自动扫描。

（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。

（7）辐射防护设施

包括加速器和探测器周围自带屏蔽措施（包括调制器门、加速器X射线机头的面板加速器舱门等）、栏杆、急停按钮、门机联锁等相关屏蔽防护设施，用以保护相关人员免受射线辐照伤害。

（2）BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统的组成和功能

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统包括以下七个部分：

（1）X射线发射系统：整机射线源核心单元，负责产生稳定、可控的X射线束，根据检测物品厚度自动调节射线能量、剂量，配合探测器完成穿透成像；含高压发生器、X射线管、束准直装置、冷却组件，是设备成像的射线供给基础。

（2）背散数据采集系统：是配套散射成像探测模块，采集被检物体反向散射的X射线信号，穿透成像难以识别的低密度有机物（塑料、炸药、毒品等）依靠背散射图像识别；包含散射探测器、信号放大、模数转换组件，与透射图像融合提升辨别能力。

（3）图像处理系统成像：是数据运算处理单元，接收透射+背散原始信号，完成降噪、对比度增强、边缘锐化、灰度分层、物质区分伪彩色渲染、图像缩放标注等算法处理，输出清晰可辨识安检图像，同时存储原始成像数据。

（5）电气控制系统：是整机动力与硬件动作中枢，统一管控射线电源、输送电机、传感器、工控机、照明、冷却设备；集成PLC、强弱电回路、变频驱动，实现输送带启停、射线开关、设备故障自检、各硬件单元时序联动，保障设备稳定运行。

（6）集中审像业务管理系统：安检业务后台管理平台，汇总多台安检设备图像、过检记录、人员操作日志；支持多工位集中看图、过检物品追溯、数据统计（过检数量、告警次数）、权限分级管理、录像存储导出、联网对接上级安检平台，实现统一监管。

（7）辐射安全系统：内置铅屏蔽舱体、辐射剂量监测传感器、安全连锁门禁、急停、

声光报警、人员区域感应装置，用以保护相关人员免受射线辐照伤害。

9.1.2 安检系统原理

(1) BGV6100型集装箱车辆检查系统

BGV6100型集装箱车辆检查系统是利用加速器产生的X射线穿过被探查的运输车辆，被高压充气阵列电离室所接收。由于物品不同部位对X放射线的吸收程度不同，则高压充气阵列电离室输出的信号强弱也不同，将强弱不同的信号经图像处理系统处理后，反映在荧光屏上的就是被探查物品的图像在检测过程中，被准直成窄片状的X射线穿过客体后射入与之相匹配的沿垂直方向排列的阵列电离室探测装置。探测装置由大量相互独立的电离室单元按序排列组成，每个电离室单元的输出信号与其所在位置接收到的X射线强度成正比，而此处X射线又与射线穿行路径上所经客体相应部位的吸收能力相关。把各电离室单元的信号采集并按序排列，显示出来，就获得图像的一条扫描线。随检测门架或被检客体的移动，客体图像的一条条扫描线顺序显示出来，就获得反映运输车辆内部物质分布状况的二维辐射投影图像。

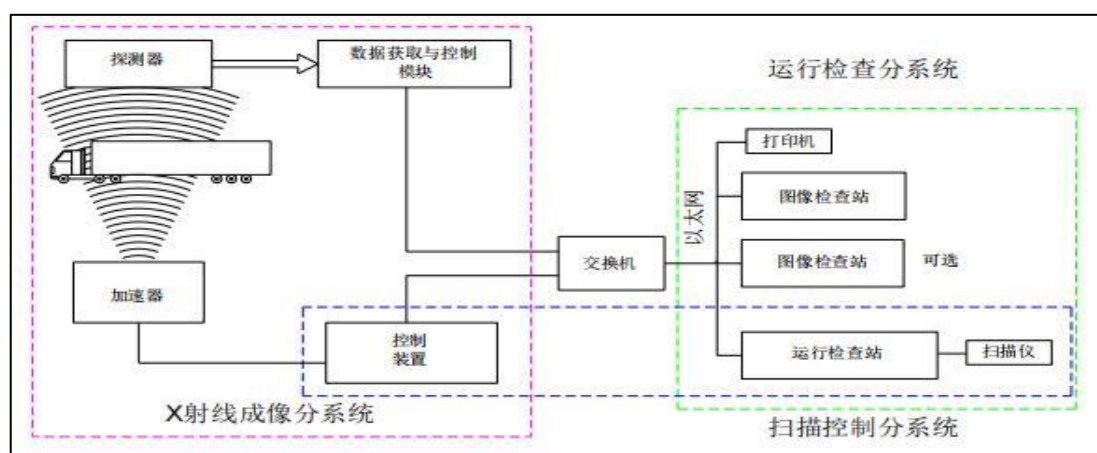


图9-1 BGV6100型集装箱车辆检查系统的构成及逻辑结构

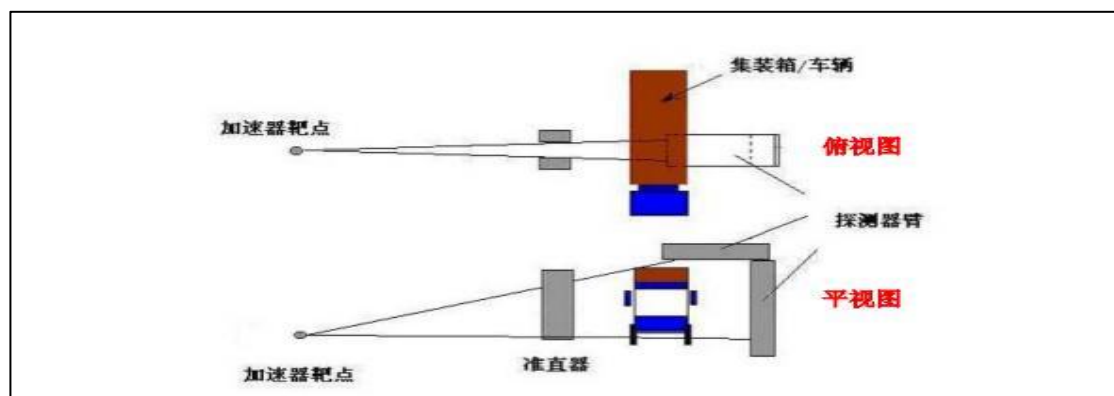


图9-2 BGV6100型集装箱车辆检查系统X射线成像分系统示意图

本系统采用交替双能（6/3MeV）驻波电子加速器，它可以按照预先设定的频率交替射出低能（3MeV）和高能（6MeV）的X射线。

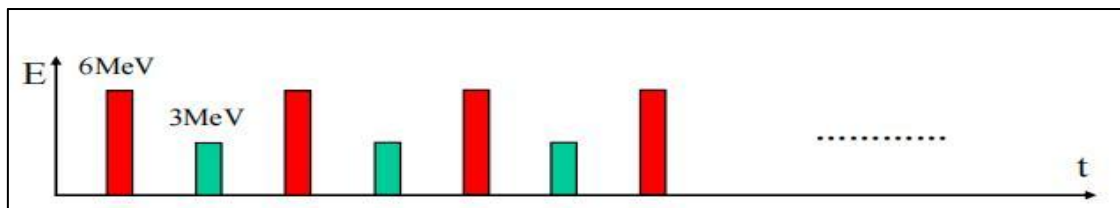


图9-3 6/3MeV交替双能脉冲示意图

当高能和低能X射线穿透相同物质时，因为不同的等效质量衰减率，在扫描图像中得到的灰度值是不一样的。高、低能量X射线对应的被检物质图像灰度值之比取决于物质的等效原子序数，等效原子序数越高，该比值越高，所以通过这种相对应的关系和特殊的双能算法对衰减后的高能X射线信号和低能X射线信号进行处理，可以获得被扫描物质的等效原子序数所在的范围，从而进行物质识别。

由于采用了交替双能成像技术，系统仅需进行一次扫描，就能够同时生成高能、低能灰度图像和物质识别的彩色图像。而不需要来回扫描几次，从而节省了扫描时间、提高了系统的通过率。

图9-4 BGV6100型集装箱车辆检查系统设备结构示意图

（2）BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统配有3个225kV，13mA的X射线管。产生X射线的装置主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由安装在真空玻璃壳中阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装载聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在X射线管和两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶突然阻挡从而产生X射线。典型X射线管结构详见图9-5所示。

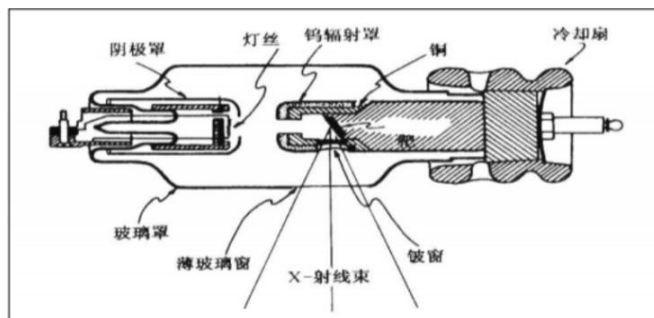


图9-5 典型X射线管结构图

X射线背散射成像技术就是利用康普顿散射原理。当射线接触上物体时可能会发生3种情况：第一种情况是X射线穿过物体；第二种情况是X射线被物体吸收；第三种情况是发生散射。同时，又射线在遇到不同的物体时，会发生不同的散射：原子序数低的物质，射线的散射就比较强；原子序数高的物质，X散射就比较弱。而且，散射概率与物体的电子密度有很大关系，电子的密度又与质量有关，X射线散射发出的强弱和质量密度成正比。但是，光电效应同时抑制了高原子序数物质的散射。所以，在检测时，如果物体的原子序数低、密度大，那么X射线散射的信号强度就高，反之亦然。

飞点扫描X射线背散射系统的原理如图9-4。通过一个前置准直狭缝将X射线管产生的锥形光束准直成扇形光束，然后照射在高速转动的斩波轮上。斩波轮上开有若干径向分布的狭缝，狭缝以外区域采用高原子序数材料进行屏蔽，确保斩波轮狭缝以外部分无法透过X射线。在斩波轮高速转动的过程中，同一时刻有且仅有一条狭缝与前置准直狭缝产生交点，所以当扇形X射线经过斩波轮后就可以形成一束X射线细光束，并在竖直方向做一维高速线扫描。同时，另一维扫描则通过被检物与设备间的相对运动产生。探测器与X射线管都位于被检物的同一侧，当探测器接收到被检物产生的背散射信号后，将光信号转变为电信号，利用算法将时序的电信号重构为被检物的二维背散射图像。

X射线背散射成像技术利用“桶状”飞点扫描机械传动系统发出的X射线，沿着射线发出面围绕着被检测物体连续旋转，完成飞点扫描探测。与射线源同侧的背散射探测器，接收散射光子并由光电管转变为电信号放大输出，经过计算机处理后显示成像。飞点扫描机械传动系统是X背散射技术的核心，可以对X射线的方位进行处理，对被检测物体及时做出反应，完成准确成像，并可以对低原子序数物体的形状、位置进行显示和定位。以下为X射线背散射技术的优点：

- 1) 飞点探测扫描系统辐射剂量小，可以减少对人体的辐射，保证人体的安全。
- 2) X射线背散射成像技术能显示低原子序数物质，不但能检测金属，还能检测出液体、塑料、毒品等物品。

图9-6 X射线背散射成像技术原理图

图9-7 BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统设备结构示意图

9.1.3 工作流程及产污环节

根据厂家资料，BGV6100型集装箱车辆检查系统具有2种模式，主动模式：被检车辆不动，司机下车，设备移动对车辆进行扫描；快检模式：被检车辆不停车缓慢通过扫描通道。

对车厢及货物进行透视扫描。

BGV6100型集装箱车辆检查系统的工作流程及产污环节如下图所示：

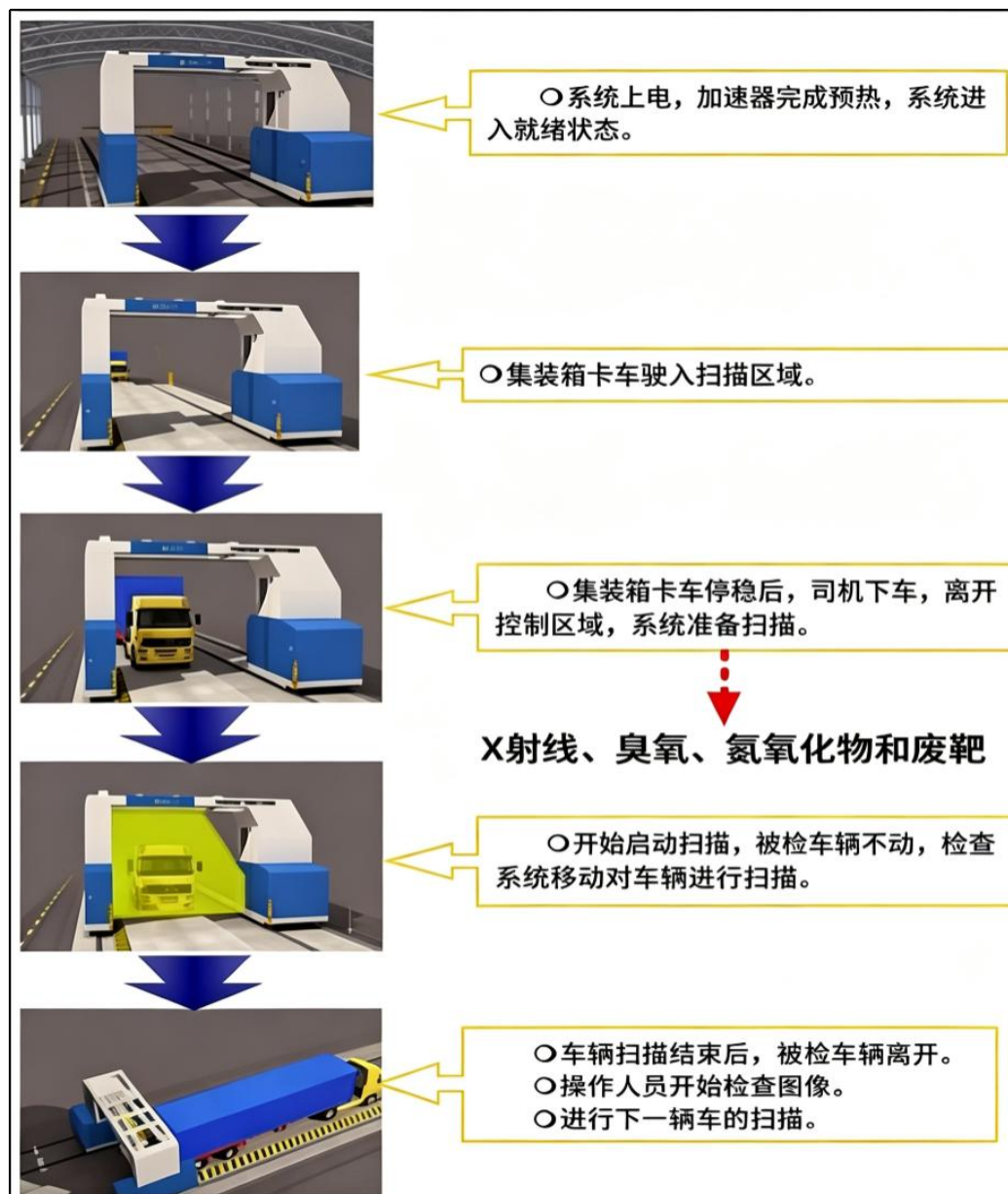


图9-8 BGV6100型集装箱车辆检查系统的检测流程及产污环节图（主动模式）

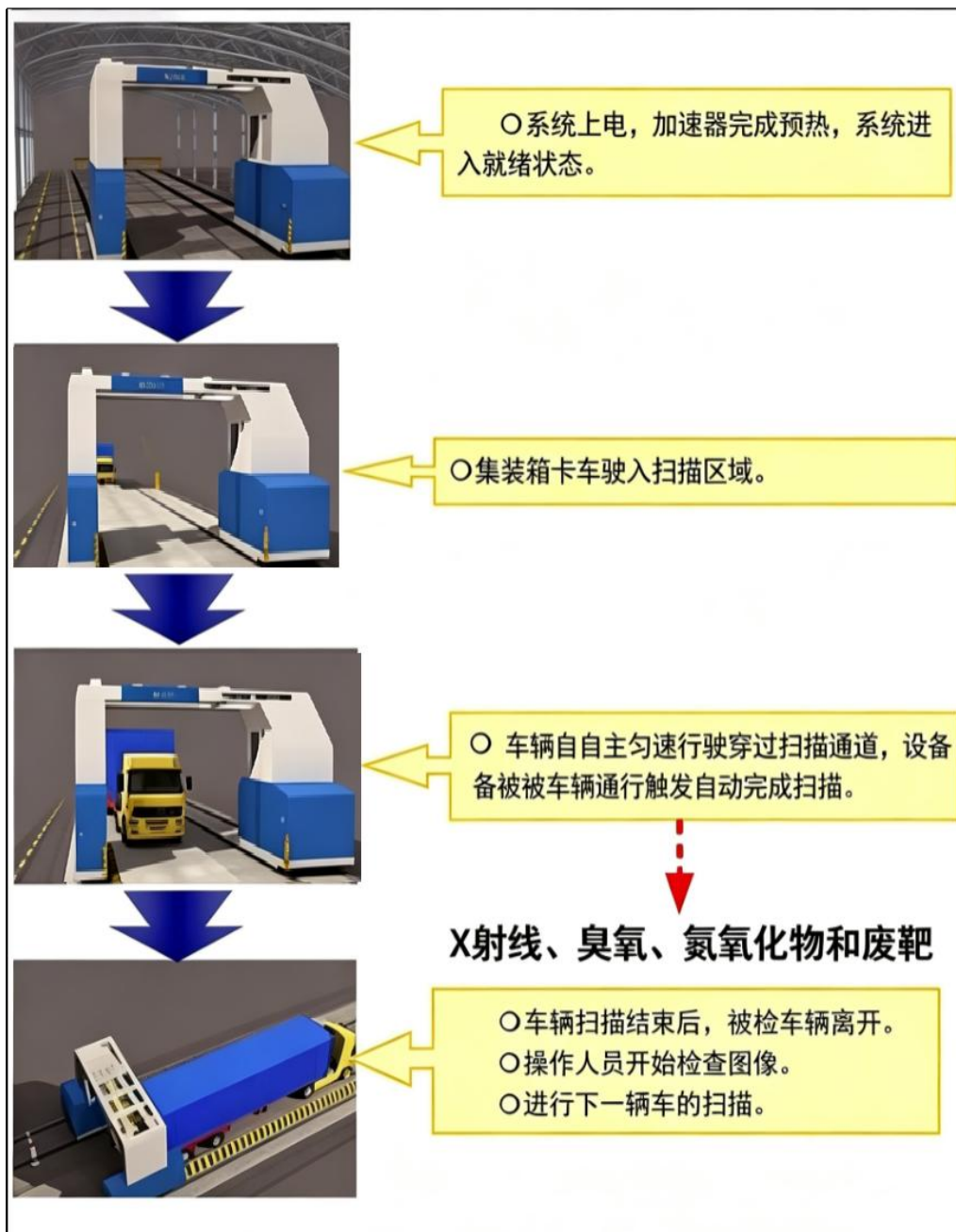


图9-9 BGV6100型集装箱车辆检查系统的检测流程及产污环节图（快检模式）

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统具有1种模式，为快检模式：被检车辆不停车缓慢通过扫描通道。对车厢及货物进行透视扫描。

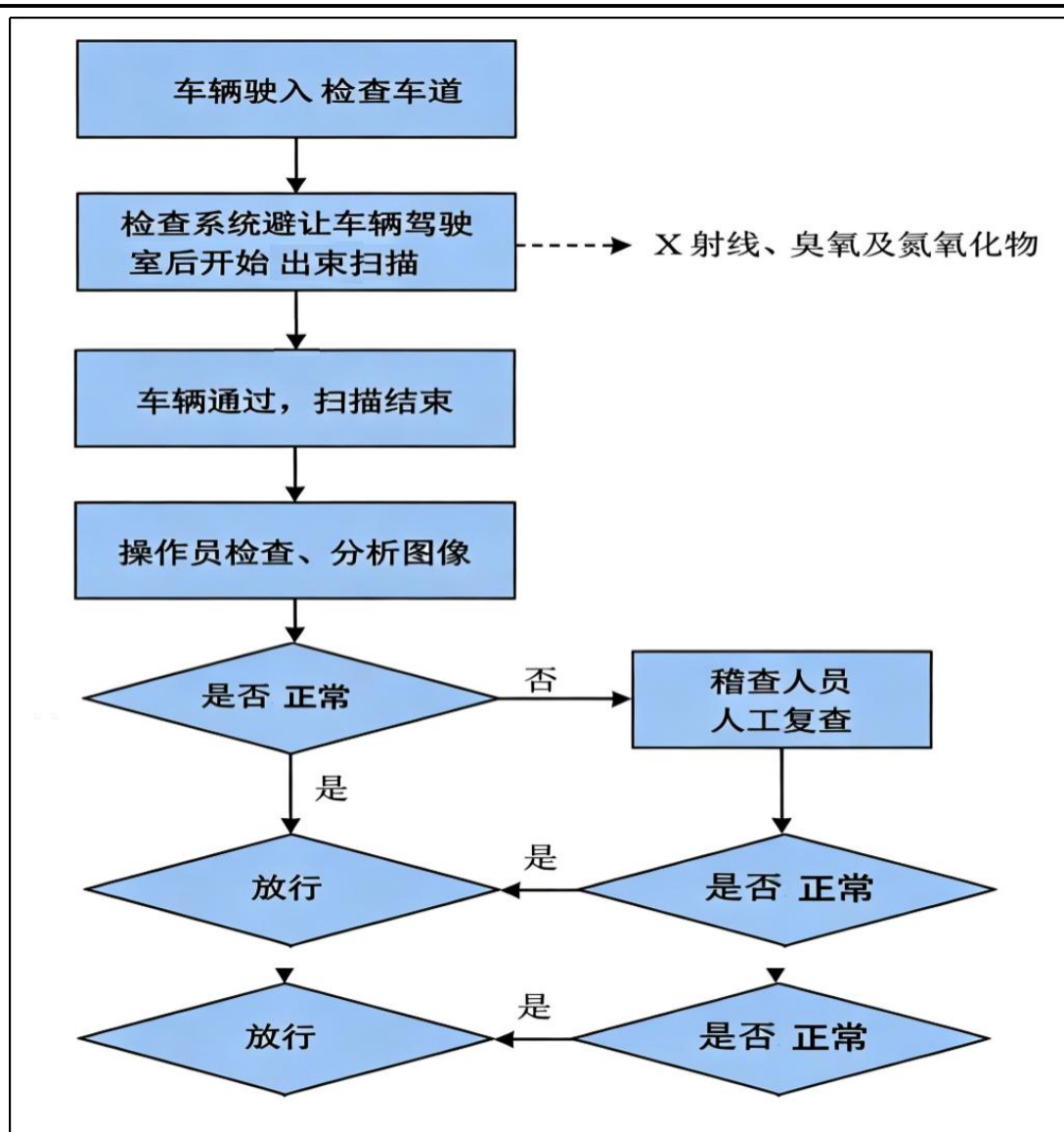


图9-10 BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统的检测流程及产污环节图（快检模式）

BGV6100型集装箱车辆检查系统主动模式查验工作流程及产污环节：

作业原理：被检车辆静止停放在受检位置，司机下车撤离，通过扫描设备移动完成全车及货物透视扫描作业。

（1）工作人员开启系统，系统开机自检，确认设备、监视装置、警示系统、录入设备运行正常。

（2）在外场工作人员的指挥下，货物由货主车辆送至货物/车辆辐射检查系统场区内待检停车场有序等候。

（3）根据引导员的指挥，司机驾驶待检货物车辆驶入查验区，由录入设备采集该货物及车辆数据信息，并同步发送到系统控制室内的计算机存档备用。

（4）查验区前的放行杆抬起，待检车辆平稳驶入指定受检位置并完全停稳、车辆保持

静止状态，驾驶员熄火下车离开待检车辆，引导员指引司机步行至等待区。确认驾驶员安全抵达等待区，引导员在出口处按下监视装置的确认按钮，将人员撤离信息反馈回控制室。

（5）控制室接收到引导员的人员撤离确认信息后，控制室工作人员通过检查系统的监视装置全方位复核扫描通道内部及周边，确认无人员停留、无杂物遮挡后，关闭扫描通道两端挡杆。设备准备出束阶段黄色警灯亮起、警铃响起，系统正式出束时红色警灯亮起、警铃同步鸣响，加速器检查系统启动运行并产生X射线。加速器产生X射线同时，X射线电离空气产生臭氧、氮氧化物。

（6）扫描设备整体平稳移动，加速器持续出束探测静止的被检车辆及车厢货物，高灵敏度探测器阵列实时接收X射线，生成连续的数字图像信号；整套扫描作业完成后，扫描图像自动保存至系统后台，图像检查人员调取扫描图像，通过分析图像细节、货物形状与外形轮廓，精准辨别错报信息、排查违禁品及危险品，核对待运品名与实际货物是否一致。

（7）设备扫描作业过程中，司机全程在休息室等候扫描结束；引导员全程巡查扫描作业区域，实时值守巡视，严禁无关人员误入作业禁区，保障扫描作业安全开展。

（8）全车扫描完成后，检查系统停止运行，X射线停止产生，设备复位归位，扫描通道两端挡杆自动打开，引导员完成现场安全核查，待命开展下一轮车辆引导工作。

（9）扫描作业全部结束后，司机返回扫描通道，上车启动车辆，将已检车辆驶离检查区域。

BGV6100型集装箱车辆检查系统快检模式查验工作流程及产污环节：

作业原理：扫描设备固定不动，被检车辆无需停车，低速匀速通过扫描通道，完成车厢及货物快速透视扫描作业。

（1）工作人员开启系统，系统开机自检，确认快检模式程序、扫描设备、警示系统、数据录入装置运行正常，切换系统为快检作业模式。

（2）在外场工作人员的指挥下，待检货物车辆有序驶入货物/车辆辐射检查系统场区内待检区域排队等候。

（3）根据引导员的指挥，司机驾驶待检货物车辆低速驶入查验区，录入设备自动采集车辆及货物数据信息，实时传输至系统控制室内的计算机完成登记。

（4）查验区前放行杆抬起，引导员示意司机保持低速匀速行驶，车辆无需停车、持续直行驶入扫描通道，全程驾驶员留在驾驶室内正常操控车辆。

（5）控制室工作人员通过监视装置确认扫描通道内无人员、无障碍物，通道运行状态

正常后，开启快检扫描程序，准备出束时黄色警灯亮、警铃响起，系统出束作业时红色警灯亮、警铃鸣响，车头先行通过避让区域触发感应，加速器扫描设备自动启动，持续发射 X 射线开展扫描检测。加速器产生X射线同时，X射线电离空气产生臭氧、氮氧化物。

（6）车辆匀速通过扫描通道全过程中，加速器持续出束，对车辆车身、车厢及内部货物进行连续透视探测，高灵敏度探测器阵列全程接收X射线信号，实时生成连续扫描数字图像；车辆完全驶出扫描通道后，快检扫描流程结束，扫描图像自动保存至系统，图像检查人员通过分析扫描图像，核查货物信息、排查违禁危险品，核对货物品名与申报信息一致性。

（7）车辆通行扫描过程中，引导员全程在作业区域周边巡视值守，管控现场秩序，防止人员、异物误入扫描通道，保障车辆连续通行扫描安全。

（8）车辆完全通过扫描通道、快检扫描作业完成后，检查系统停止出束、结束运行，设备保持待机状态，可连续开展下一辆车辆的快检作业。

（9）完成扫描的车辆在引导员指引下，正常驶离检查场区，快检单次作业流程结束。

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统快检模式查验工作流程及产污环节：

作业原理：扫描设备固定不动，被检车辆无需停车，低速匀速通过扫描通道，完成车厢及货物快速透视扫描作业

（1）工作人员开启系统，系统开机自检，确认快检模式程序、扫描设备、警示系统、数据录入装置运行正常。

（2）在外场工作人员的指挥下，待检货物车辆有序驶入货物/车辆辐射检查系统场区内待检区域排队等候。

（3）根据引导员的指挥，司机驾驶待检货物车辆低速驶入查验区，录入设备自动采集车辆及货物数据信息，实时传输至系统控制室内的计算机完成登记。

（4）查验区前放行杆抬起，引导员示意司机保持低速匀速行驶，车辆无需停车、持续直行驶入扫描通道，全程驾驶员留在驾驶室内正常操控车辆。

（5）控制室工作人员通过监视装置确认扫描通道内无人员、无障碍物，通道运行状态正常后，开启快检扫描程序，准备出束时黄色警灯亮、警铃响起，系统出束作业时红色警灯亮、警铃鸣响，车头先行通过避让区域触发感应，X射线扫描设备自动启动。BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统于设备顶部、左右两侧共布设3套X射线管。待检对象就位确认后，上方、左侧、右侧三组X射线管同步启动，自三个正交维度发射微剂量X射线束，实现对待检车辆的完整覆盖。设备依托背散射成像技术，通过采集物体表面散射射线完成成

像。X射线管产生X射线同时，X射线电离空气产生臭氧、氮氧化物。

(6) 车辆匀速通过扫描通道全过程中，X射线管持续出束，对车辆车身、车厢及内部货物进行连续透视探测，高灵敏度探测器阵列全程接收X射线信号，实时生成连续扫描数字图像；车辆完全驶出扫描通道后，快检扫描流程结束，扫描图像自动保存至系统，图像检查人员通过分析扫描图像，核查货物信息、排查违禁危险品，核对货物品名与申报信息一致性。

(7) 车辆通行扫描过程中，引导员全程在作业区域周边巡视值守，管控现场秩序，防止人员、异物误入扫描通道，保障车辆连续通行扫描安全。

(8) 车辆完全通过扫描通道、快检扫描作业完成后，检查系统停止出束、结束运行，设备保持待机状态，可连续开展下一辆车辆的快检作业。

(9) 完成扫描的车辆在引导员指引下，正常驶离检查场区，快检单次作业流程结束。

9.1.4 车辆检查系统及工作人员负荷

BGV6100型集装箱车辆检查系统：

快检模式：司机不停车匀速通过扫描通道，BGV6100型集装箱车辆检查系统扫描速度为0.4m/s，一次扫描23m长（取保守值，包括集装箱和货车车头）的集装箱需用时约57.5s。根据建设单位提供的资料，边检站一年工作250天，一天工作8个小时。

快检模式每小时检查30辆左右集装箱车辆，则1年中设备出束时间最多为 $8h \times 30 \times 250d \times 57.5s / 3600 \approx 958h$ 。

主动模式，司机将车辆停在查验通道后，返回待检区接受检查，与此同时BGV6100型集装箱车辆检查系统开始移动检查集装箱车辆，主动模式下BGV6100型集装箱车辆检查系统扫描速度同样为0.4m/s，完成一次集装箱扫描需用时约57.5s。

由于司机接受检查以及停车等时间的占用，主动模式每小时检查10辆左右集装箱车辆。则1年中设备出束时间最多为 $8h \times 10 \times 250d \times 57.5s / 3600 \approx 319h$ 。

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统：

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统仅具有一种扫描模式：快检模式。

快检模式：司机不停车匀速通过扫描通道，BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统扫描速度为0.4m/s，一次扫描23m长（取保守值，包括集装箱和货车车头）的集装箱需用时约57.5s。根据建设单位提供的资料，边检站一年工作250天，一天工作8个小时。

快检模式每小时检查30辆左右集装箱车辆，则1年中设备出束时间最多为 $8h \times 30 \times 250d \times 57.5s / 3600 \approx 958h$ 。

工作人员：

根据建设单位提供的资料，边检站一年工作250天，一天工作8个小时。建设单位拟为本项目，拟配置辐射工作人员共8名，实行分班轮岗模式，每班配置4人。每班设置两类工作岗位：安检系统操作人员2名、车辆引导人员2名；安检系统操作人员与车辆引导人员岗位不绑定固定人员，班内人员可动态轮换岗位，均衡分担两类岗位工作任务，合理平衡全员工作负荷。

9.1.5 人流、物流路径规划

本项目运行阶段的人流、物流路径规划。具体见图9-11。

（1）人流路径规划：本项目辐射工作人员活动区域在控制室及设备运行区域。安检系统操作人员工作时，直接从内部通道进入边检指挥室，下班原路返回。车辆引导人员工作时，从车辆入口进入查验通道，巡视一圈后返回待检区指挥车辆。主动模式，司机将车停好后，按要求走出通道，在待检区等待；快检模式司机驾驶车辆缓慢匀速通过查验通道，结束检查。

工作时间内，引导人员除进入查验通道开展现场巡查外，其余时间均驻守车辆入口附近，进行车辆引导、查验等各项工作。

被检车辆司机的路径为将车辆停放待检区域后，下车走出检查室到司机休息区的路径。

（2）物流路径规划：主要是被探测对象，即被检车辆的移动路径。主动模式需要司机停车，查验完驾车驶离，快检模式司机驾驶车辆缓慢匀速通过查验通道，结束检查。

图9-11 本项目安全检查系统的人流、物流路径图

9.2 污染源项描述

表 9-1 BGV6100 组合移动式集装箱/车辆检查系统源项参数

项目	指标及参数
射线源	交替双能电子加速器
张角（竖直方向）	扇形窄束，张角64°
型号	BGV6100
最大能量	最大6MeV（6/3MeV交替双能）
加速粒子	电子
物质识别	区分有机物、无机物，分别用特定的颜色标识
被检查集装箱最大尺寸	12.2m（长）×2.4m（宽）×2.6m（高）（40尺标准柜）
扫描方式	主动模式、快检模式
距靶 1 米处的剂量率	24Gy/h（400mGy/min）

加速器泄漏率	非主射线方向泄漏率不大于 2×10^{-6} ， 后向泄露率不大于 4×10^{-6}
有用束方向	有用束朝西南方向
扫描速度	0.4m/s

表 9-2 BGBS2030 三视角固定式背散射安全检查设备系统源项参数

项目	指标及参数
射线源	X射线机
射线源数量	3个
最大管电压	225 kV
最大管电流	39 mA
距靶 1 米处的剂量率	依据《辐射防护手册第一分册辐射源与屏蔽》相关核算结果：在X射线管管电压225kV、管电流13mA，附加3mm铜（Cu）滤过条件下，距离X射线靶1米位置处的理论最大剂量率为 $3.4 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ （3.4Gy/h）； BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统采用飞点扫描技术，X射线管输出量占空比为0.000765，实际X射线管距靶1m处最大剂量率为0.0026Gy/h（2600 $\mu\text{Gy/h}$ ）。
滤过材料	3mmCu
张角（竖直方向）	扇形窄束，张角110°
型号	BGBS2030
最大能量	225keV
物质识别	区分有机物、无机物，分别用特定的颜色标识
被检查集装箱最大尺寸	12.2m（长）×2.4m（宽）×2.6m（高）（40尺标准柜）
扫描方式	固定式
X射线泄漏率	非主射线方向泄漏率不大于 4×10^{-8}
三个有用束方向	有用束朝向下；有用束朝西南方向；有用束朝东北方向
扫描速度	0.4m/s

注：三视角固定式背散射安全检查系统上方、左侧、右侧各有一个X射线管组件，单个额定管电压225kV，单个额定管电流13mA，三视角固定式背散射安全检查系统运行时，额定能量参数为225kV；39mA。

9.2.1放射性污染源分析

（1）BGBS2030型集装箱车辆检查系统

由加速器的工作原理可知，BGBS2030型集装箱车辆检查系统运行期主要污染因子为X射线，来自于系统中的加速器，所产生的X射线是随加速器的开关而产生和消失。根据厂家资料，BGBS2030型集装箱车辆检查系统加速器在距靶1m的等中心处的X射线辐射剂量率为24Gy/h（400mGy/min）。加速器产生X射线，扫描货运集装箱后，本项目的辐射源项可分为以下：①透射线，在X射线准直角范围内的X射线；②泄漏射线，准直角范围以外的X射线；③散射射线，由X射线的初级辐射投照到物体表面散射产生的射线。

NCRP报告给出的钨（W）发生光致反应（ γ , n）的阈值为8.0MeV，考虑到加速器钨靶材料的纯净度，加速器停机后钨靶具有感生放射性。加速器废靶更换时全程由厂家进行，废靶拆卸后应放置于厂家专用防护容器内，最终交给有资质单位（厂家）处置。

（2）BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统

由三视角固定式背散射安全检查系统的工作原理可知，BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统。运行期主要污染因子为X射线，来自于系统中的X射线管，所产生的X射线是随X射线管的开关而产生和消失。根据厂家资料，BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统采用飞点扫描出束的方式，在距靶1m的X射线辐射剂量率为0.0026Gy/h。X射线管产生X射线，扫描货运集装箱后，本项目的辐射源项可分为以下：①透射线，在X射线准直角范围内的X射线；②泄漏射线，准直角范围以外的X射线；③散射线，由X射线的初级辐射投照到物体表面散射产生的射线。

BGV6100型集装箱车辆检查系统在探测器臂上设置有屏蔽，天空反散射影响很小。

BGBS2030 型三视角固定式背散射安全检查系统采用低剂量射线，基于康普顿散射原理，探测器采集不同物质原子序数差异成像。探测器臂沿射线散射路径设置屏蔽装置，不考虑天空反散射影响。

9.2.2非放射性污染分析

固体废物：

本项目采用数字化终端成像系统，完成扫描后立即显示在显示终端上，不涉及使用胶片等显影材料；本项目辐射工作人员定员8人，4人一班，产生的生活垃圾约为1kg/人·天，按照边检站现有工作制度，每天工作8小时，每周工作5天，每年工作50周来计算，本项目每年产生的生活垃圾为1t。辐射工作人员产生的生活垃圾统一收集，依托口岸垃圾处理设施，集中收储，由边检站工作人员统一清运到塔什库尔干县城生活垃圾综合处置中心。

废水：本项目采用数字化终端成像系统，完成扫描后立即显示在显示终端上，不涉及使用定影液、显影液；工作人员产生的生活污水依托现有排水系统排至防渗化粪池内，定期拉运至塔什库尔干县城区生活污水处理厂。

本项目加速器冷却水闭式循环，正常运行期间不外排。在检修、事故情形下，循环冷却水排放应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“8.6 放射性物质向环境排放的控制”的排放要求。

废气：设备运行中，空气在X射线的作用下，会使空气电离产生微量臭氧（O₃）、氮氧化物（NO_x）。该检查系统安装在足够开阔的空间内，本项目检查系统安装在开阔的空间内，处于开放状态，采取自然通风形式（空气的对流和扩散）对O₃及NO_x进行稀释。运营期辐射工作场所臭氧浓度满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中“臭氧的浓度低于0.3mg/m³的限值要求”。

9.3 事故工况下的污染源项

根据本项目设备的使用特点，以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量X射线照射：

（1）由于管理不善，在车辆安检设备出束前工作人员、周围公众成员尚未撤离扫描通道或者在系统出束时现场工作人员、周围公众成员误入辐射控制区，导致上述人群受到不必要的照射。

（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车辆安检设备扫描通道，工作人员无法阻止其进入或无法立即终止加速器工作，导致误入人员受到超剂量照射。

（3）维修人员在维修车辆安检设备的时候操作不当，车辆安检设备误出束，造成的误照射。

（4）检查系统车头自动避让失效，导致司机受到超剂量的照射。

（5）被检查车辆有人员藏匿，当车辆进行扫描时藏匿人员一直处于射线照射下受到误照射。

上述事故工况当设备断电后无任何辐射产生，主要污染源和污染途径同正常工况状态。

表10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目检查系统主要由扫描大厅和控制室（边检指挥室）组成，扫描大厅设计为西北—东南走向，沿G314布置。BGV6100型集装箱车辆检查系统安装在扫描大厅现有出境通道内，BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统安装在扫描大厅建设中的入境通道内。控制室（边检指挥室）在2个通道的南侧，便于工作的开展。被检查车辆分别从出境、入境方向进入扫描大厅，司机将车辆停在安检通道，然后下车从出口走出通道到通道外等候，并由引导员在现场观察有无其他人员，然后通过对讲机告知控制室人员启动设备，设备自动行走对车辆进行扫描，扫描结束后，司机从出口进入将车辆驶离通道。本项目平面布置较为合理，便于安检工作的开展。

图10-1 项目平面图

图10-2 项目剖面图

10.1.2 工作场所分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作场所的分区原则^②，“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；将未被定为控制区，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的区域定为监督区”，结合《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ 143-2015）中对于辐射工作场所的分区要求：

“5.1辐射工作场所的分区

检查系统的辐射工作场所按以下方法进行分区：

- a) 对无司机驾驶的货运车辆或货物的检查系统，应将辐射源室及周围剂量当量率大于40μSv/h的区域划定为控制区。控制区以外的周围剂量当量率大于2.5μSv/h的区域划定为监督区；
- b) 对有司机驾驶的货运车辆的检查系统，应将辐射源室及有用线束区两侧距中心轴不小于1m的区域划定为控制区。控制区以外的周围剂量当量率大于2.5μSv/h的区域划定为监督区；

c) 对有司机驾驶的货运列车的检查系统, 应将辐射源室及有用线束区两侧距中心轴不小于10m的区域划定为控制区。控制区以外的周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划定为监督区;

d) 与辐射源安装在同一辆车上系统控制室划定为监督区。”

根据厂家资料, BGV6100型集装箱车辆检查系统具有2种模式, 主动模式: 被检车辆不动, 司机下车, 设备移动对车辆进行扫描; 快检模式: 被检车辆不停车缓慢通过扫描通道。对车厢及货物进行透视扫描。BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统具有1种模式, 为快检模式: 被检车辆不停车缓慢通过扫描通道。对车厢及货物进行透视扫描。

根据上述内容分析, 本项目2种查验系统均属于有司机驾驶的货运车辆的检查系统, 应将辐射源室及有用线束区两侧距中心轴不小于1m的区域划定为控制区。控制区以外的周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划定为监督区。据计算结果, 安检通道屏蔽体外的剂量率均能控制在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以下, 为了控制辐射影响范围, 本项目把安检通道和安检通道出入口挡车杆围成的区域划分为控制区(该区域包含了辐射源室及有用线束区两侧距中心轴不小于1m的区域), 与控制区相邻1m范围划分为监督区。车辆检查装置控制区和监督区示意图见图10-3。

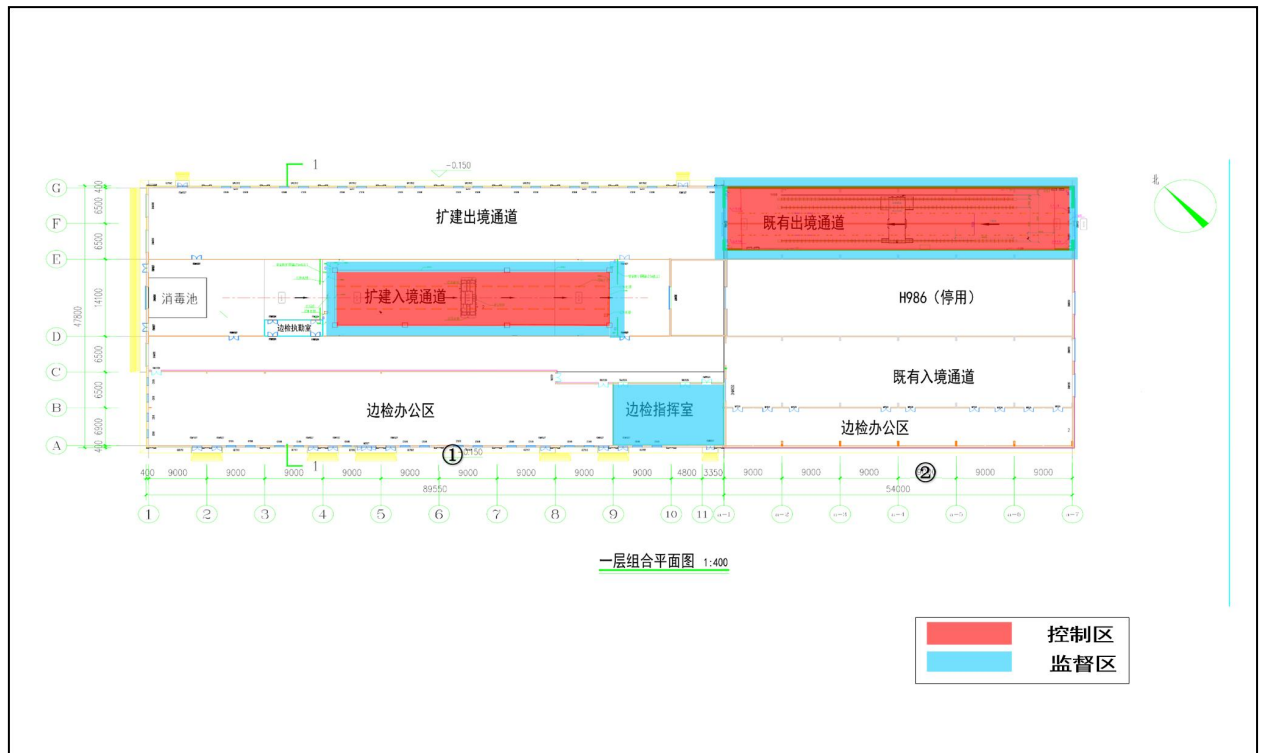


图10-3 车辆检查装置控制区和监督区示意图

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

BGV6100型集装箱车辆检查系统采用自屏蔽和混凝土安检通道屏蔽；BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统采用自屏蔽。

表 10-1 BGV6100 组合移动式集装箱/车辆检查系统屏蔽设计参数

屏蔽体	设计尺寸	屏蔽参数
准直器	准直器出束口尺寸 6mm*160mm	200mm铅
加速器舱	长5m*宽2.4m*高2.7m	加速器舱车辆进出方向两侧采用5mm铅+20mm钢； 加速器前舱后壁采用20mm钢
探测器臂架	高4.6m，宽0.2m	30mm铅+20mm钢进行屏蔽
探测器后方主射线屏蔽	/	主射线方向上，X射线穿过探测器后路径采用180mm铅+30mm钢进行屏蔽
混凝土安检通道	单侧高8.25m，长54m，厚0.4m	400mm混凝土

表 10-2 BGBS2030 型三视角固定式背散射安全检查系统屏蔽设计参数

屏蔽体	尺寸	屏蔽参数
准直器	准直器出束口宽2mm	20mm铅
X射线机舱	长1m*宽0.7m*高1.2m	7mm铅+7 mm钢
探测器臂架	横向：6.2m*2.2m 竖向：5m*2.2m	5mm铅+5mm钢
安检通道	长46m*宽14m	100mm石膏板+防护网

10.1.4 辐射安全措施

根据《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）的相关规定，本项目拟设置以下辐射安全措施。

（1）辐射源箱的泄漏辐射水平

车辆检查装置辐射源箱防护性能较好，加速器非主射线方向泄漏率不大于 2×10^{-6} ，后向泄露率不大于 4×10^{-6} ；X射线管源箱非主射线方向泄漏率不大于 4×10^{-8} 。

（2）安全联锁装置

1）出束控制开关

检查系统操作台上装有出束控制开关。只有当出束控制开关处于工作位置时，射线才能产生或出束。

2）门联锁

辐射源箱体外防护盖板等设置联锁装置，安检系统控制室的门设置联锁装置。任一门或盖板打开时，射线不能产生或出束。安检通道出、入口道闸设置联锁装置，道闸抬起时，射线不能产生或出束。

3) 紧急停束装置

在通道两侧墙面和边检指挥室安检装置控制台设置的紧急停束装置,可在紧急情况下立即中断辐射源的工作。当任一紧急停束装置被触发时,检查系统应立即停止出束,并只有通过就地复位才可重新启动辐射源。

4) 输出剂量联锁

X 射线检查系统输出剂量超出预定值时,加速器应能自动停止出束。

5) 声光报警安全装置

检查系统横梁上设置声光报警安全装置,可以指示检查系统所处的状态,包括出束及待机状态。当检查系统出束时,红色警灯闪烁,警铃示警。

6) 监视装置

每个查验通道 4 个角设置 4 个视频监控,以观察辐射工作场所内人员驻留情况和设备运行状态。

7) 语音广播设备

在检查系统操作台上设有语音广播设备,每个查验通道设置 2 个喇叭,用于提醒现场人员注意和撤离辐射工作场所。

8) 辐射监测仪表

根据检查系统特点,配备以下合适的辐射监测仪表:

- a) 车辆检查系统控制台可以实时监测设备输出剂量;
- b) 两套查验系统安检通道 4 个角落各设置一台辐射监测仪表。

本项目两台设备均为中广核贝谷科技有限公司生产,其辐射安全功能基本相同,车辆查验系统辐射安全功能运行情况分述如下:

系统以辐射源箱本体防护作为基础屏障,从源头控制辐射泄漏。车辆检查装置辐射源箱防护性能优良,可有效约束射线扩散,严格把控泄漏辐射水平。设备出束时,加速器非主射线方向泄漏率不大于 2×10^{-6} ,后向泄露率不大于 4×10^{-6} ;X射线管源箱非主射线方向泄漏率不大于 4×10^{-8} ,大幅降低设备基础辐射泄漏风险。

车辆辐射查验作业正式启动后,工作人员严格遵循标准化操作流程,依托设备全套安全联锁系统及配套防护装置,构建全流程闭环安全管控体系,从操作源头、设备联锁、实时监测、应急处置多维度,彻底杜绝违规出束、人员误入作业区域、超剂量出束、辐射泄漏等各类安全隐患,全方位保障查验作业合规、安全、有序开展。具体操作流程如下:

作业初始阶段，工作人员首先启动查验系统主机，全面检查并确认整套安全联锁装置、配套防护及监测设备均处于正常待机状态，完成系统初始化自检，筑牢查验作业安全基础。

在出束权限核验操作环节，工作人员严格管控设备出束控制开关，将操作台出束控制开关精准调至标准工作位置。系统严格遵循权限管控逻辑，仅在开关处于合规工作位置时，才解锁出束权限，从操作层面规范出束操作流程，杜绝误操作、违规操作出束行为，从源头把控出束安全。

完成权限核验后，工作人员开展门联锁安全检查操作，逐一排查确认辐射源箱体外防护盖板闭合锁紧、安检系统控制室舱门完全关闭、安检通道出入口道闸落位闭合。本设备搭载全域门联锁机制，工作人员明确知晓，作业过程中若出现任意防护盖板开启、控制室舱门打开、通道道闸抬起等异常情况，系统将自动锁定出束功能，禁止设备启动出束作业，有效防范人员误入辐射作业区域引发的安全事故。

在设备待机及查验作业全过程中，工作人员检查控制台紧急停束装置，提前确认通道两侧墙面、边检指挥室安检装置控制台两处紧急停束点位的设备状态，确保装置完好可用。若作业中突发人员闯入、设备异常等紧急工况，工作人员可第一时间触发紧急停束装置，立即切断辐射源工作，瞬时终止出束作业；且严格执行设备重启规范，设备紧急停束后，必须现场排查隐患、完成就地复位操作，方可重新启动设备，杜绝带故障、带隐患作业。

作业启动后，工作人员依托源箱输出剂量联锁系统开展动态管控，全程关注系统实时监测数据。该装置可精准捕捉源箱输出剂量数值，当检查系统出现输出剂量超标风险时，系统会自动触发停束保护、停止出束作业，工作人员同步做好数据记录与异常核查，从技术层面杜绝超剂量辐射输出问题。

同时，工作人员全程关注声光报警安全装置运行状态，通过设备声光信号精准区分系统运行工况。设备正常出束作业时，红色警示灯持续闪烁、警铃同步报警，工作人员借助声光提示，及时提醒现场值守人员、待检车辆驾乘人员远离辐射作业区域，做好现场人员疏散与区域管控，规避辐射接触风险。

为实时掌控现场作业动态，工作人员全程操作监视装置，通过现场布设的摄像设备，不间断监测作业区域人员驻留情况、设备运行状态、车辆查验进度，实时排查设备故障、人员违规滞留、区域异常等安全问题，实现作业现场无死角监管，确保各类安全隐患早发现、早处置。

针对现场安全管控与应急引导工作，工作人员熟练操作语音广播设备，依托操作台广播

终端及现场全域扬声器，常态化对现场人员开展安全须知、作业注意事项等安全提醒；若遇突发异常情况，立即通过广播设备发布撤离指令，有序引导现场人员快速、规范撤离作业区域，提升应急处置效率。

在整个查验作业周期内，引导工作人员严格落实辐射监测巡检操作，定期对辐射工作场所开展辐射检查监测。作业前及作业过程中，工作人员佩戴个人剂量报警仪，实时监测个人辐射接触剂量，做好个人防护；控制室工作人员可通过控制台关注辐射剂量监测仪表显示数据，实时掌握输出剂量率变化；也可以依托两套查验系统安检通道四角布设的固定式辐射监测仪表，完成作业区域辐射水平全覆盖监测，确保作业区域辐射指标合规可控。

整套查验作业过程中，工作人员通过标准化、流程化的实操操作，联动激活硬件防护、多级联锁、实时监测、声光预警、视频监控、广播引导、应急制动等全套防护体系。以辐射源箱硬件防护严控基础辐射泄漏，以多级联锁装置规范设备出束全流程逻辑，以各类监测、预警、处置设备实现辐射状态实时感知、风险动态预警、突发情况快速处置，全方位规避辐射泄漏、超剂量照射、人员误入等各类安全风险，切实保障车辆查验系统辐射作业全程安全、稳定、规范运行。

10.1.5 人员防护措施要求

（1）辐射工作人员进入监督区域时应佩戴常规个人剂量计，同时配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时剂量仪报警，辐射工作人员应立即离开工作区域，同时阻止其他人进入工作区域，并立即向辐射防护负责人报告。

（2）应定期测量周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作人员工作位置和周围毗邻区域人员居留处。

（3）使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。定期检修设备，有使用寿命的必须按期更换，防止因设备故障而发生辐射事故。

（4）边检站拟为职业人员配置相应的防护用品。

表 10-1 本项目与《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）要求符合性分析

辐 射 安 全 设施	标准要求	本项目情况	评价
---------------	------	-------	----

出束控制开关	在检查系统操作台上应装有出束控制开关。只有当出束控制开关处于工作位置时，射线才能产生或出束。	检查系统操作台上装有出束控制开关。只有当出束控制开关处于工作位置时，射线才能产生或出束。	符合
门联锁	所有辐射源室门、进入控制区的门及辐射源箱体外防护盖板等应设置联锁装置，与辐射源安装在同一辆车上的系统控制室的门也应设置联锁装置。上述任一门或盖板打开时，射线不能产生或出束。	辐射源箱体外防护盖板等设置联锁装置，安检系统控制室的门设置联锁装置。任一门或盖板打开时，射线不能产生或出束。安检通道出、入口道闸设置联锁装置，道闸抬起时，射线不能产生或出束。	符合
紧急停束装置	在检查系统操作台、辐射源箱体等处应设置标识清晰的紧急停束装置，例如急停按钮、急停拉线开关等，可在紧急情况下立即中断辐射源的工作。当任一紧急停束装置被触发时，检查系统应立即停止出束，并只有通过就地复位才可重新启动辐射源。	在通道两侧墙面和边检指挥室安检装置控制台设置的紧急停束装置，可在紧急情况下立即中断辐射源的工作。当任一紧急停束装置被触发时，检查系统应立即停止出束，并只有通过就地复位才可重新启动辐射源。	符合
加速器输出剂量联锁	X射线检查系统的加速器输出剂量超出预定值时，加速器应能自动停止出束；	加速器出口设有穿透电离室，对加速器输出量进行监测，当输出量监测值超过预设值时，加速器立即停止出束。	符合
声光报警安全装置	检查系统工作场所应设有声光报警安全装置以指示检查系统所处的状态，至少应包括出束及待机状态。当检查系统出束时，红色警灯闪烁，警铃示警；	检查系统横梁上设置声光报警安全装置，可以指示检查系统所处的状态，包括出束及待机状态。当检查系统出束时，红色警灯闪烁，警铃示警。	符合
监视装置	检查系统辐射工作场所应设置监视用摄像装置，以观察辐射工作场所内人员驻留情况和设备运行状态；	在查验系统四周设置4个监控摄像头，相应的监视器装在控制室操作台上，以保证操作人员随时监视整个辐射防护区内的情况。	符合
语音广播设备	在检查系统控制台上应设置语音广播设备，在辐射工作场所内设置扬声器，用于提醒现场人员注意和撤离辐射工作场所。	在检查系统操作台上设有语音广播设备，每个查验通道设置2个喇叭，用于提醒现场人员注意和撤离辐射工作场所。	符合

辐射监测仪表	a) 个人剂量报警仪和剂量率巡检仪。 b) 在X射线检查系统的加速器出束口处应配置辐射剂量监测仪表实时监测输出剂量,并在检查系统操作台上显示输出剂量率。	本项目拟配置8个人剂量报警仪和1个剂量率巡检仪;a) 车辆检查系统控制台可以实时监测设备输出剂量;b) 两套查验系统安检通道4个角落各设置一台辐射监测仪表,可以实时监测工作场所剂量率。	符合
其他要求	辐射源室内应有良好的通风,以保证臭氧的浓度低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。根据可能产生的臭氧浓度和工作需要确定通风系统的排风速率。	本项目安检通道非密闭环境,自然通风可保持室内臭氧的浓度低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。	符合

10.1.6 职业人员个人防护用具的配备与管理要求

(1) 应根据实际需要为工作人员提供适用、足够和符合有关标准的个人防护用具,并应使他们了解其所使用的防护用具的性能和使用方法。

(2) 工作人员上岗前必须接受有关辐射防护培训,掌握一定的安全防护知识和技能,并经考核合格,在工作中注意做好个人防护,通过时间屏蔽、距离屏蔽,缩短受照时间及受照剂量率,将个人受照剂量合理可行地控制在尽可能低的水平。

(3) 个人防护用具应有适当的备份,以备在应急事件中使用。所有个人防护用具均应妥善保管,并应对其性能进行定期检验。

(4) 本项目拟投入辐射性工作人员8名,工作人员必须佩带个人剂量牌、个人剂量报警器,定期体检,建立个人健康档案。

表10-2 本项目拟配置的辐射防护用品一览表

类别	数量	备注
个人剂量计	8个	按 GBZ 128 要求定期送检,建立个人剂量档案
铅防护服	4个	铅当量 $\geq 0.35\text{mmPb}$
X- γ 辐射剂量率仪(便携式)	1个	量程: $0.01\ \mu\text{Sv}/\text{h} \sim 100\ \mu\text{Sv}/\text{h}$, 用于日常巡检和验收监测
个人剂量报警仪	8个	量程范围: $0.01\ \mu\text{Sv}/\text{h} \sim 10\text{mSv}/\text{h}$, 误差 $\leq \pm 15\%$

10.2 三废的治理

10.8.1 固体废物

固体废物：本项目辐射工作人员定员8人，产生的生活垃圾约为1kg/人·天，按照边检站现有工作制度，每天工作8小时，每周工作5天，每年工作50周来计算，本项目每年产生的生活垃圾为1t。辐射工作人员产生的生活垃圾统一收集，依托口岸垃圾处理设施，集中收储，由边检站工作人员统一清运到塔什库尔干县城生活垃圾综合处置中心。

加速器废靶更换时全程由厂家进行，废靶拆卸后应放置于厂家专用防护容器内，最终交给有资质单位（厂家）处置。

10.8.2 废水

本项目采用数字化终端成像系统，完成扫描后立即显示在显示终端上，不涉及使用定影液、显影液；工作人员产生的生活污水依托现有排水系统排至防渗化粪池内，定期拉运至塔什库尔干县城区生活污水处理厂。

本项目加速器冷却水闭式循环，正常运行期间不外排。在检修、事故情形下，循环冷却水排放应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“8.6 放射性物质向环境排放的控制”的排放要求。

10.8.3 废气

设备运行中，空气在X射线的作用下，会使空气电离产生微量臭氧（O₃）。本项目检查系统安装在开放空间，采取自然通风形式（空气的对流和扩散）对O₃及NO_x进行稀释。运营期辐射工作场所臭氧浓度满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中“臭氧的浓度低于0.3mg/m³”的限值要求。

表11 环境影响分析

11.1建设阶段对环境的影响

本项目建设内容主要为扩建钢结构检查大厅（入境部分），以及2套安检系统安检区域混凝土地面、防护墙浇筑、设备安装、内部装修等，施工期约1个月，按照作业性质具体分为以下几个阶段：

- （1）清理场地阶段：清理地面杂物，平整场地等；
- （2）土石方施工阶段：扩建钢结构检查大厅（入境部分）场地平整，基础开挖；
- （3）地面施工阶段：场地混凝土工程，防护墙浇筑工程；
- （4）设备安装、装修阶段：车辆检查装置安装、调试等；
- （5）扫尾阶段：垃圾清运、清理现场等。

施工期主要环境影响为扬尘、废水、噪声和固体废物，无辐射环境影响，具体如下：

（1）施工扬尘：主要来源于平整场地、土方开挖与回填产生的扬尘以及建筑材料（灰、沙、水泥、砖块等）的现场搬运及堆放、施工垃圾的堆放与清理、车辆及施工机械往来造成的现场道路扬尘以及运土方车辆可能存在的遗洒造成的扬尘等，但这些方面的影响仅局限于施工现场附近区域，施工结束后即可消除影响。

（2）废水：施工期废水主要包括基础施工时产生的泥浆废水、冲洗路面及车辆废水以及施工人员产生的生活污水。施工泥浆废水、冲洗路面及车辆废水经沉砂池等预处理后，会用于道路喷洒降尘等。施工人员生活污水经过统一收集，依托现有排水系统排至防渗化粪池内，定期拉运至塔什库尔干县城区生活污水处理厂。

（3）噪声：本项目施工过程中各种机械设备产生的噪声，将对施工现场附近声环境产生一定的影响，本项目施工地点周围无居民住宅，因此，本项目施工产生的噪声对施工现场周围环境影响很小。

施工阶段通过合理安排工期，将建筑施工环境噪声危害降到最低程度。本项目在施工过程中对施工机械采取减震、隔声等措施，夜间不施工，昼间噪声可满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）中规定的70dB（A）的标准限值要求。

（4）固体废物：项目施工期间，产生少量以建筑垃圾为主，生活垃圾为辅的固体废弃物，生活垃圾以每人每天1kg，按照10人工程队计算，产生量为10kg/d。施工期将产生0.3t生活垃圾。

施工建筑垃圾采取固点堆放，清运至当地建筑垃圾填埋场；生活垃圾依托边检站垃圾处理设施，集中收储，统一运输到塔什库尔干县城生活垃圾综合处置中心。

设备安装调试过程均由厂家专业人员进行，设备调试时应设置醒目的指示牌，期间加强巡视工作，禁止无关人员在设备附近逗留。

综上所述，本项目在施工期的环境影响是短暂、可逆的，随着施工期的结束而消失。建设单位在施工阶段采取以上污染防治措施，并加强监管，将施工期的影响控制在地局局部区域，对周围环境影响较小。

11.2 项目运营阶段对环境的影响

11.2.1 加速器车辆检查系统环境影响分析

11.2.1.1 加速器车辆检查系统辐射屏蔽计算参数

本项目 BGV6100 组合移动式集装箱/车辆检查系统电子加速器参数详见下表 11-1，屏蔽设计参数详见下表 11-2，屏蔽设计尺寸见下表 11-3，屏蔽计算 TVL 取值情况见表 11-4。

表 11-1 电子加速器参数

项目	指标及参数
射线源	交替双能电子加速器
张角（竖直方向）	扇形窄束，张角64°
型号	BGV6100
最大能量	最大6MeV（6/3MeV交替双能）
加速粒子	电子
物质识别	区分有机物、无机物，分别用特定的颜色标识
被检查集装箱最大尺寸	12.2m（长）×2.4m（宽）×2.6m（高）（40尺标准柜）
扫描方式	主动模式、快检模式
射线束中心轴上距靶 1 米处的剂量率	24Gy/h（400mGy/min）
加速器泄漏率	非主射线方向泄漏率不大于 2×10^{-6} ， 后向泄露率不大于 4×10^{-6}
有用束方向	有用束朝西南方向
扫描速度	0.4m/s

表 11-2 BGV6100 组合移动式集装箱/车辆检查系统屏蔽设计参数

屏蔽体	屏蔽参数	屏蔽设计等效铅当量厚度 mmPb
准直器	200mm铅	200
加速器舱	加速器舱车辆进出方向两侧采用5mm铅+20mm钢； 加速器前舱后壁采用20mm钢	加速器舱车辆进出方向两侧16.2 加速器前舱后壁采用11.2
探测器臂架	30mm铅+20mm钢进行屏蔽	41.2
探测器后方主射线屏蔽	主射线方向上，X射线穿过探测器后路径上采用180mm铅+30mm钢进行屏蔽	196.8

注：考虑钢和铅的线性衰减系数不同，根据《Measurements of 6 MV X rays—I. Primary radiation absorption in lead, steel and concrete》（作者：C.J. Karzmark, T. Capone），20mm 钢折算成 11.2 mm 铅，30mm 钢折算成 16.8 mm 铅。

表 11-3 BGV6100 组合移动式集装箱/车辆检查系统屏蔽设计尺寸

屏蔽体	设计尺寸
准直器	准直器出束口尺寸 6mm*160mm
加速器舱	长5m*宽2.4m*高2.7m
探测器臂架	高4.6m，宽0.2m
混凝土安检通道	单侧高8.25m，长54m，厚0.4m

表 11-4 屏蔽计算 TVL 表（mm）

材料	6MeV（主射线）	6MeV（次级射线） ^[1]
铅	56	56
混凝土	345	345

注：6MeV（主射线）铅的 TVL 的取值参考《辐射防护基础》（李星洪主编）P145，表 5-11 强衰减、宽 X 射线束的近似半减弱层厚度 1/2 和 1/10 减弱层厚度；为保守考虑，散射计算时，6MeV 次级射线 TVL 取值和主射线保持一致。

• 145 •

表 5-11 强衰减、宽X射线束的近似半减弱层厚度 $\Delta_{1/2}$ 和 1/10 减弱层厚度 $T_{1/10}$ ^{[1], [12]}

峰 电 压 (千伏)	$\Delta_{1/2}$, 厘 米		$T_{1/10}$, 厘 米	
	铅	混 凝 土	铅	混 凝 土
50	0.006	0.43	0.017	1.5
70	0.017	0.84	0.052	2.8
100	0.027	1.6	0.088	5.3
125	0.028	2.0	0.093	6.6
150	0.030	2.24	0.099	7.4
200	0.052	2.5	0.17	8.4
250	0.088	2.8	0.29	9.4
300	0.147	3.1	0.48	10.4
400	0.250	3.3	0.83	10.9
500	0.360	3.6	1.19	11.7
1000	0.790	4.4	2.6	14.7
2000	1.25	6.4	4.2	21
3000	1.45	7.4	4.85	24.5
4 × 10 ³	1.6	8.8	5.3	29.2
6 × 10 ³	1.69	10.4	5.6	34.5
8 × 10 ³	1.69	11.4	5.6	37.8
10 × 10 ³	1.66	11.9	5.5	39.6
20 × 10 ³	1.63	13.7	5.4	45.7
30 × 10 ³	1.57	13.7	5.2	45.7
38 × 10 ³	—	13.7	—	45.7

根据厂家提供的资料、图纸，BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统安检几何参数见表11-5。

表 11-5 BGV6100 组合移动式集装箱/车辆检查系统设备几何参数

参数	相对靶点的距离（m）	射线束宽度（cm）*	散射面积（m ² ）
集装箱	2.4	0.22	0.0057
探测器	6.7	0.44	0.0202

注：理论计算射线束宽度由厂家提供。

11.2.1.2加速器车辆检查系统辐射环境影响计算分析方法

根据前文辐射源项分析，本项目加速器车辆检查系统运营期辐射环境影响主要有①透射线、②散射线、③泄漏射线。

根据厂家资料，BGV6100型集装箱车辆检查系统具有2种模式，主动模式：被检车辆不动，司机下车，设备移动对车辆进行扫描；快检模式：被检车辆不停车缓慢通过扫描通道。对车厢及货物进行透视扫描。

因快检模式下加速器为固定状态，项目周边环境关注点与射线装置距离恒定不变。为保守评价辐射环境影响，本次辐射环境影响计算采用主动扫描模式工况进行测算，按照主动模式下加速器最大移动行程，计算时加速器源点至各关注点距离均取最小直线距离，同时考虑快检模式下司机位的剂量率。

(1) 透射计算公式

根据《Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100MeV Particle Accelerator Facilities》（NCRP Report No.51），透射的计算公式具体如下：

$$H_{I,d,X} = \frac{D_{I_0} B_X T}{(1.67 \times 10^{-5}) d^2} \quad (\text{公式11-1})$$

$H_{I,d,X}$ ——计算参考点剂量当量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

D_{I_0} ——距源1m处的吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ，厂家提供距靶1m处源强为 24Gy/h （ 400mGy/min ）；

B_X ——X射线在屏蔽层中的透射比，按式11-2计算；

d ——X射线源与参考点间的距离， m ，见图11-1中标注距离；

T ——参考点的居留因子，计算中保守取1；

1.67×10^{-5} 为单位换算系数。

(2) X射线在屏蔽层中的透射比计算公式

根据《Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100MeV Particle Accelerator Facilities》（NCRP Report No.51），屏蔽穿透比的计算公式具体如下：

$$B_X = 10^{-n} = 10^{-\sum_{i=1}^m \frac{d_i}{TVL_i}} \quad (\text{公式11-2})$$

式中：

B_x ——X 射线屏蔽穿透比

n ——十分之一值层的数目；

d_i ——第*i*种屏蔽体厚度，cm；

$TVLi$ ——第*i*种屏蔽体透射线十分之一值层厚度，cm。

(3) 散射计算公式

根据《Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100MeV Particle Accelerator Facilities》（NCRP Report No.51），散射的计算公式具体如下：

$$H_{I,d_r,X} = \frac{D_{I0} \alpha_X A B_{Xr} T}{(1.67 \times 10^{-5}) d_i^2 d_r^2} \quad (\text{公式11-3})$$

式中：

$H_{I,d_r,X}$ ——关注点的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

D_{I0} ——距辐射源点（靶点）1m处的输出量， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ；

α_X ——散射因子，参考《辐射防护导论》中图6.4，反射系数保守取值，对于铅取 5×10^{-3} （探测器），对于铁取 4×10^{-3} （集装箱）（垂直入射，散射角为 60° ）进行计算；

A ——散射面积， m^2 ；

B_{Xr} ——X射线在屏蔽层中的透射比，同 B_x ，按公式11-2计算；

T ——参考点的居留因子，计算中保守取1；

d_i ——辐射源点（靶点）至散射物体的距离，m；

d_r ——散射体至关注点的距离，m；

注： 1.67×10^{-5} 为单位换算系数。

(4) 漏射计算公式

根据《辐射防护手册（第一分册）》，10.4电子加速器屏蔽，漏射辐射可以按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \times f}{R^2} \times B \quad (\text{公式11-4})$$

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

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

B ——屏蔽穿透比，同 B_x ，按式11-2计算；

f ——加速器泄漏率；非主射线方向泄漏率不大于 2×10^{-6} ，后向泄露率不大于 4×10^{-6}

R ——源点至关注点的距离，m。

11.2.1.3 加速器车辆检查系统辐射环境影响分析

根据加速器车辆检查系统平面布置情况，结合BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统周边保护目标调查情况：北侧12.7m的拟建旅检区域；东侧29.04m的引导人员活动区域、待检区；南侧33.34m的边检办公区②；西南侧48m的边检指挥室；西南侧62.73m的边检办公区①；以及安检通道防护墙两侧50m，通道口两侧100m范围内区域的公众人员。

选择在加速器车辆检查系统四周、保护目标处及人员操作位设置关注点，进行辐射环境影响预测，共选取9个典型预测点位。9个典型预测点位，均布设在项目周边职业工作人员及公众可到达的最近区域，点位布设合理，预测结果代表性较强，可客观反映项目对周边环境的影响，以及公众、职业人员所受到的辐射剂量水平。

各关注点受到的辐射环境影响情况分述如下：

①点：出口挡杆外30cm（探测器散射、集装箱散射+加速器舱漏射）。

②点：南墙外30cm；（探测器透射）。

③点：南墙侧后方外30cm；（加速器舱漏射）。

④点：北墙侧后方墙外30cm；（探测器散射、集装箱散射+加速器舱漏射）。

⑤点：边检指挥室操作位；（加速器舱漏射）。

⑥点：入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区；（探测器散射、集装箱散射+加速器舱漏射）。

⑦点：安检通道北侧旅检区域；（探测器散射、集装箱散射+加速器舱漏射）。

⑧点：司机位（快检模式司机不下车）。

⑨：入口挡杆外10m（评价范围估算依据）。

BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统关注点计算示意图见下图11-1。

本项目加速器车辆检查系统各关注点处的剂量计算过程如下：

表11-6 各预测点屏蔽透射比计算结果

序号	关注点描述	射线类型	屏蔽情况	厚度 (mm)	TVL (mm)	屏蔽穿透比 (Bx)	屏蔽穿透比合 (Bx)
①	出口挡杆外 30cm	探测器散射、 集装箱散射	/	/	/	1	1
		加速器舱漏 射	5mm铅+20mm钢 (折算 铅厚16.2mm)	16.2	56	5.14E-01	5.14E-01
②	南墙外 30cm;	探测器透射	(30mm铅+20mm钢) 和(180mm铅+30mm钢) (折算铅厚238mm) 和 400mm混凝土	238/400	56/345	5.62E-05/ 6.93E-02	3.90E-06
③	南墙侧后方 外30cm	加速器舱漏 射	20mm钢 (折算铅厚11.2 mm) 和400mm混凝土	11.2/400	56/345	6.31E-01/ 6.93E-02	4.37E-02
④	北墙侧后方 墙外30cm	探测器散射、 集装箱散射	400mm混凝土	400	345	6.93E-02	6.93E-02
		加速器舱漏 射	20mm钢 (折算铅厚11.2 mm) 和400mm混凝土	11.2/400	56/345	6.31E-01/ 6.93E-02	4.37E-02
⑤	边检指挥室 操作位	加速器舱漏 射	20mm钢 (折算铅厚11.2 mm) 和400mm混凝土	11.2/400	56/345	6.31E-01/ 6.93E-02	4.37E-02
⑥	入口挡杆外 30cm引导人 员活动区域、 待检区	探测器散射、 集装箱散射	/	/	/	1	1
		加速器舱漏 射	5mm铅+20mm钢 (折算 铅厚11.2 mm)	16.2	56	5.14E-01	5.14E-01
⑦	安检通道北 侧旅检区域	探测器散射、 集装箱散射	400mm混凝土	400	345	6.93E-02/	6.93E-02
		加速器舱漏 射	20mm钢 (折算铅厚11.2 mm) 和400mm混凝土	11.2/400	56/345	6.31E-01/ 6.93E-02	4.37E-02
⑧	司机位	探测器散射、 集装箱散射	/	/	/	1	1
		加速器舱漏 射	5mm铅+20mm钢 (折算 铅厚11.2 mm)	16.2	56	5.14E-01	5.14E-01
⑨	入口挡杆外 10m	探测器散射、 集装箱散射	/	/	/	1	1
		加速器舱漏 射	5mm铅+20mm钢 (折算 铅厚11.2 mm)	16.2	56	5.14E-01	5.14E-01

表11-7 关注点辐射剂量率计算结果 (透射)

关注点	关注点描述	D_{10} mGy/min	B_x	d (m)	$H_{1, d, x}$ μ Gy/h
②	南墙外30cm	400	3.90E-06	8.9	1.18E+00

表11-8 关注点辐射剂量率计算结果（散射）

关注点	关注点描述	射线类型	D_{10} mGy/m in	α_x	A	B _{Xr}	T	di (m)	dr (m)	$H_{I,d_r,X}$ $\mu Gy/h$	剂量率 (合) $\mu Gy/h$
①	出口挡杆外30cm	探测器散射	400	5.00E-03	0.0202	1	1	8.9	27.6	4.01E-02	1.69E-01
		集装箱散射	400	4.00E-03	0.0057	1	1	2.4	27.1	1.29E-01	
④	北墙侧后方墙外30cm	探测器散射	400	5.00E-03	0.0202	6.93E-02	1	8.9	10.5	1.92E-02	1.79E-01
		集装箱散射	400	4.00E-03	0.0057	6.93E-02	1	2.4	6.4	1.60E-01	
⑥	入口挡杆外30cm 引导人员活动区域、待检区	探测器散射	400	5.00E-03	0.0202	1	1	8.9	19.4	8.11E-02	3.49E-01
		集装箱散射	400	4.00E-03	0.0057	1	1	2.4	18.8	2.68E-01	
⑦	安检通道北侧旅检区域	探测器散射	400	5.00E-03	0.0202	6.93E-02	1	8.9	13.95	1.09E-02	8.07E-02
		集装箱散射	400	4.00E-03	0.0057	6.93E-02	1	2.4	9.7	6.98E-02	
⑧	司机位	探测器散射	400	5.00E-03	0.0202	1	1	8.9	5.86	8.89E-01	5.06E+00
		集装箱散射	400	4.00E-03	0.0057	1	1	2.4	4.77	4.17E+00	
⑨	入口挡杆外10m	探测器散射	400	5.00E-03	0.0202	1	1	8.9	29.1	3.61E-02	1.46E-01
		集装箱散射	400	4.00E-03	0.0057	1	1	2.4	29.4	1.10E-01	

表11-9 关注点辐射剂量率计算结果（漏射）

关注点	关注点描述	射线类型	$\dot{H}_0$ $\mu Gy/h$	f	B	R (m)	$\dot{H}$ 剂量率 $\mu Gy/h$
①	出口挡杆外30cm	加速器舱漏射	2.40E+07	2.00E-06	5.14E-01	27.3	3.31E-02
③	南墙侧后方外30cm	加速器舱漏射	2.40E+07	2.00E-06	4.37E-02	9.1	2.53E-02
④	北墙侧后方墙外30cm	加速器舱漏射	2.40E+07	4.00E-06	4.37E-02	3.8	2.91E-01
⑤	边检指挥室操作位	加速器舱漏射	2.40E+07	2.00E-06	4.37E-02	48	9.10E-04
⑥	入口挡杆外30cm 引导人员活动区域、待检区	加速器舱漏射	2.40E+07	2.00E-06	5.14E-01	16.1	9.52E-02
⑦	安检通道北侧旅检区域	加速器舱漏射	2.40E+07	4.00E-06	4.37E-02	7.2	8.09E-02
⑧	司机位	加速器舱漏射	2.40E+07	2.00E-06	5.14E-01	6.47	5.89E-01
⑨	入口挡杆外10m	加速器舱漏射	2.40E+07	2.00E-06	5.14E-01	26.7	3.46E-02

表11-10 加速器车辆检查系统各预测点计算结果（汇总）

序号	关注点描述	射线类型	剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	剂量率合 $\mu\text{Gy/h}$
①	出口挡杆外30cm	探测器散射、集装箱散射	1.69E-01	2.02E-01
		加速器舱漏射	3.31E-02	
②	南墙外30cm;	探测器透射	1.18E+00	1.18E+00
③	南墙侧后方外30cm	加速器舱漏射	2.53E-02	2.53E-02
④	北墙侧后方墙外30cm	探测器散射、集装箱散射	1.79E-01	4.70E-01
		加速器舱漏射	2.91E-01	
⑤	边检指挥室操作位	加速器舱漏射	9.10E-04	9.10E-04
⑥	入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区	探测器散射、集装箱散射	3.49E-01	4.44E-01
		加速器舱漏射	9.52E-02	
⑦	安检通道北侧旅检区域	探测器散射、集装箱散射	8.07E-02	1.62E-01
		加速器舱漏射	8.09E-02	
⑧	司机位	探测器散射、集装箱散射	5.06E+00	5.65E+00
		加速器舱漏射	5.89E-01	
⑨	入口挡杆外10m	探测器散射、集装箱散射	1.46E-01	1.81E-01
		加速器舱漏射	3.46E-02	

由上表计算结果可知：安检通道外关注点剂量率最大计算值为 $1.18\text{E}+00\mu\text{Gy/h}$ （南墙外30cm），控制室（边检指挥室）操作位剂量率为 $9.10\text{E}-04\mu\text{Gy/h}$ ，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中场所辐射水平中检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，以及操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于 $1.0\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

11.2.2X射线机车辆检查系统环境影响分析

11.2.2.1X射线机车辆检查系统辐射屏蔽计算参数

本项目BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统参数详见下表11-11，屏蔽设计参数详见下表11-12。

表 11-11 BGBS2030 型三视角固定式背散射安全检查系统参数

项目	指标及参数
射线源	X射线机
射线源数量	3个
最大管电压	225 kV
最大管电流	13 mA
距靶 1 米处的剂量率	依据《辐射防护手册第一分册辐射源与屏蔽》相关核算结果：在X射线管管电压225kV、管电流13mA，附加3mm铜（Cu）滤过条件下，距离X射线靶1米位置处的理论最大剂量率为 $3.4\times 10^6\mu\text{Gy/h}$ （3.4Gy/h）； BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统采用飞点扫描技

	术，X射线管输出量占空比为0.000765，实际X射线管距靶1m处最大剂量率为0.0026Gy/h（2600 μGy/h）。
滤过材料	3mmCu
张角（竖直方向）	扇形窄束，张角110°
型号	BGBS2030
最大能量	225keV
物质识别	区分有机物、无机物，分别用特定的颜色标识
被检查集装箱最大尺寸	12.2m（长）×2.4m（宽）×2.6m（高）（40尺标准柜）
扫描方式	固定式
X射线泄漏率	非主射线方向泄漏率不大于 4×10^{-8}
三个有用束方向	有用束朝向下；有用束朝西南方向；有用束朝东北方向
扫描速度	0.4m/s

表 11-12 BGBS2030 型三视角固定式背散射安全检查系统屏蔽设计参数

屏蔽体	尺寸	屏蔽参数	屏蔽设计等效铅当量厚度 mmPb
准直器	准直器出束口宽2mm	20mm铅	20
X射线机舱	长1m*宽0.7m*高1.2m	7mm铅+7 mm钢	7.6
探测器臂架	横向：6.2m*2.2m 竖向：5m*2.2m	5mm铅+5mm钢	5.4
安检通道	长46m*宽14m	100mm石膏板+防护网	0

注：钢的等效铅当量取自《辐射防护手册（第三分册）》表3.4 不同蔽材料的铅当量。

11.2.2.2 X射线机车辆检查系统辐射环境影响分析

本项目BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统，使用X射线管作为发射源。其使用的X射线管最大管电压为225kV，最大管电流为13mA，球管滤过为3mm厚过滤铜片，球管泄漏辐射剂量率不大于 4×10^{-8} 。本项目营运过程中产生的环境影响主要是车辆检查系统正常工作状态下产生的X射线造成的辐射影响。根据前文工程分析可知，BGBS2030 型三视角固定式背散射安全检查设备配置 3 组 X 射线管。其中布置于横向臂架内部的 X 射线管，射线束朝向两侧竖向探测器发射；安装在竖向臂架内的 X 射线管，射线束分别射向对侧竖向探测器与顶部横向探测器。故产生的X射线分为透射线、漏射线、散射线。X射线机车辆检查系统的辐射屏蔽措施主要靠设备自屏蔽以及距离防护实现。

根据厂家资料，BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统工作时只有快检模式：被检车辆不停车缓慢通过扫描通道。对车厢及货物进行透视扫描。本次辐射环境影响计算采用快检模式工况进行测算，按照固定位置对各关注点选取估算距离。

11.2.2.3透射线、漏射线计算方式

按照《辐射防护手册》（第一分册，P436），主射方向在防护区的周照射量可按下式计算：

$$X_{WP} = \frac{\dot{X}_{10}}{(d_p)^2} W \mu \eta f \dots\dots\dots \text{（公式11-5）}$$

式中：

X_{WP} ---一周剂量率限值，R/周；

$\dot{X}_{10}$ ---每mA管电流产生的X射线在1m处的照射量；

W ----X射线装置的每周工作负荷，mA·min/周； $W=It$ ，其中I为管电流，mA，t为每周工作时间，min/周；

μ ---利用因子，表示射线被利用程度，也就是射线束指向有关照射点的工作负荷分数，在不改变方向的水平照射下， $\mu=1$ ；

η ---对防护区的占用因子，表示人员在防护区停留或居住的时间，在“全居住”的情况下，取值为1；

f ---屏蔽墙对初级X射线束的减弱因子（屏蔽系数）；对于给定的屏蔽物质厚度X，相应的辐射屏蔽透射因子f按公式11-6计算：

$$f = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots \text{（公式11-6）}$$

式中：

X---一屏蔽物质厚度，与TVL取相同单位。

TVL---一屏蔽物质的什值层厚度，

参照GBZ/T 250-2014中表B.2X射线束在铅和混凝土中的半值层厚度和什值层厚度，查表可知，在管电压250kV时（保守估算取较大250kV），铅的TVL=2.9mm，混凝土的TVL=90mm。

d_p ----X射线装置至关注点的距离，m；

根据上式进行演化，预测点空气吸收剂量率计算公式演化如下：

$$D_s = \frac{D_0}{(d_s)^2} \cdot f \quad \dots\dots\dots \text{(公式11-7)}$$

式中：

D_s ---预测点处的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

D_0 ---距靶1m处的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

其中： $D_0 = X_0 \cdot I \cdot 60 \cdot (8.73 \times 10^{-3})$ ， I 为工作电流mA，60为单位时间h对min的转换系数，0.87为通常情况下照射量1R在空气中产生的吸收剂量（ 8.73×10^{-3} ） μGy ， X_0 为距离靶1m处的输出照射量率。本项目飞点出束， D_0 为2600 $\mu\text{Gy/h}$ ，泄漏辐射为 $2600 \times 4 \times 10^{-8} = 1.04 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 。

11.2.2.4 散射计算公式

考虑侧向漏束和散射束的屏蔽，由于一般X射线装置的侧向漏束较小，起决定作用的是被照体（车辆）的散射束，对于车辆检查装置通道两侧的散射X射线可以用反照率法估计。反照率法根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽）中公式（10.8）（10.9）（10.10）公式演化而来：

$$D_s = \frac{D_0 \cdot s \cdot f \cdot (a / 400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad \dots\dots\dots \text{(公式11-8)}$$

式中：

D_s ---预测点处的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

D_0 ---距靶1m处的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ （同上式）；

d_0 ---源与散射体的距离，m；（准直器出束口与被照体的距离约 $d_0 = 2.3\text{m}$ 水平方向）

d_s ---散射体与预测点的距离，m；

s ---散射面积，（准直器出束口宽2mm，标准集装箱高度取2.6m，估算散射面积为 0.005m^2 ）；

a ---入射射线被面积 400cm^2 散射体散射至1m处的散射照射量与入射照射量的比值；根据《辐射防护手册》（第一分册）表10.1查表取0.0019；

f ---屏蔽墙对初级X射线束的减弱因子（同上式）。

11.2.2.5 预测点的选取

根据车辆检查系统平面布置情况，结合BGBS2030三视角固定式背散射安全检查设备周边保护目标调查情况：北侧23.6m的拟建旅检区域；东南侧47.87m的边检办公区②；东南侧28m的边检指挥室；南侧13.55m的边检办公区①；西南侧23m的边检执勤室；西侧30.57m的引导人员活动区域、待检区；以及安检通道两侧50m，通道口两侧100m范围内区域的公众人员。

选择在车辆检查系统四周、保护目标处及人员操作位设置关注点，进行辐射环境影响预测，共选取9个典型预测点位。9个典型预测点位，均布设在项目周边职业工作人员及公众可到达的最近区域，点位布设合理，预测结果代表性较强，可客观反映项目对周边环境的影响，以及公众、职业人员所受到的辐射剂量水平。各预测点受照类型分述如下：

预测点位①出口挡杆外30cm：受D01漏射+D02漏射+D03漏射+ D01散射+D02散射；

预测点位②入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区：受D01漏射+D02漏射+D03漏射+ D01散射+D02散射；

预测点位③北墙外30cm：受到D01的漏射+D01的散射+D03的漏射+D02透射；

预测点位④南墙外30cm：受D01的透射+D03的漏射+D02的漏射+D02散射；

预测点位⑤边检执勤室：受D01漏射+D02漏射+D03漏射+D02散射；

预测点位⑥边检指挥室操作位：受D01漏射+D02漏射+D03漏射+D02散射；

预测点位⑦安检通道北侧旅检区域：受D01的漏射+D01的散射+D03的漏射+D02透射；

预测点位⑧司机位：受D01漏射+D02漏射+D03漏射+ D01散射+D02散射；

预测点位⑨入口挡杆外10m(评价范围估算依据)：受D01漏射+D02漏射+D03漏射+ D01散射+D02散射。

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统关注点计算示意图见下图11-2。

表11-13 各预测点漏射、透射辐射预测情况

预测点位		初始源强 D0	屏蔽因子f	距离m (ds)	预测点	防护情况	
		($\mu\text{Gy/h}$)			剂量率Ds ($\mu\text{Gy/h}$)		
①	D01漏射	1.04E-04	2.40E-03	23.63	4.47E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02漏射	1.04E-04	2.40E-03	23.43	4.55E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	23.63	4.47E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
②	D01漏射	1.04E-04	2.40E-03	23.92	4.36E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02漏射	1.04E-04	2.40E-03	23.77	4.42E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱

	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	23.92	4.36E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
③	D01漏射	1.04E-04	2.40E-03	3.87	1.67E-08	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	8.6	3.37E-09	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02透射	2600	1.37E-02	10.7	3.11E-01	5mm铅+5mm钢	探测器臂
④	D01透射	2600	1.37E-02	10.7	3.11E-01	5mm铅+5mm钢	探测器臂
	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	8.6	3.37E-09	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02漏射	1.04E-04	2.40E-03	4	1.56E-08	7mm铅+7 mm钢	X光舱
⑤	D01漏射	1.04E-04	2.40E-03	25	3.99E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02漏射	1.04E-04	2.40E-03	24.1	4.30E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	23.3	4.60E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
⑥	D01漏射	1.04E-04	2.40E-03	31.1	2.58E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02漏射	1.04E-04	2.40E-03	28.97	2.97E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	26.9	3.45E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
⑦	D01漏射	1.04E-04	2.40E-03	26.5	3.55E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	33.7	2.20E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02透射	2600	1.37E-02	29.6	4.07E-02	5mm铅+5mm钢	探测器臂
⑧	D01漏射	1.04E-04	2.40E-03	8.63	3.35E-09	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02漏射	1.04E-04	2.40E-03	8.43	3.51E-09	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	8.63	3.35E-09	7mm铅+7 mm钢	X光舱
⑨	D01漏射	1.04E-04	2.40E-03	33.9	2.17E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D02漏射	1.04E-04	2.40E-03	33.1	2.28E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱
	D03漏射	1.04E-04	2.40E-03	33.9	2.17E-10	7mm铅+7 mm钢	X光舱

表11-14 各预测点散射辐射预测情况

预测点位/受照类型		s	d ₀ 源与散射体的距离(m)	ds 散射体与预测点的距离(m)	屏蔽因子f	D0源强μGy/h	Ds预测点剂量率μGy/h	防护情况
①	D01散射	0.005	2.3	23.63	1.00E+00	2600	2.09E-08	无
	D02散射	0.005	2.3	23.63	1.00E+00	2600	2.09E-08	无
②	D01散射	0.005	2.3	23.92	1.00E+00	2600	2.04E-08	无
	D02散射	0.005	2.3	23.92	1.00E+00	2600	2.04E-08	无
③	D01散射	0.005	2.3	3.87	1.00E+00	2600	7.79E-07	无
④	D02散射	0.005	2.3	3.87	1.00E+00	2600	7.79E-07	无
⑤	D02散射	0.005	2.3	23.74	1.00E+00	2600	2.07E-08	无

⑥	D02散射	0.005	2.3	28.05	1.00E+00	2600	1.48E-08	无
⑦	D01散射	0.005	2.3	29.1	1.00E+00	2600	1.38E-08	无
⑧	D01散射	0.005	2.3	6.3	1.00E+00	2600	2.94E-07	无
	D02散射	0.005	2.3	6.3	1.00E+00	2600	2.94E-07	无
⑨	D01散射	0.005	2.3	38.4	1.00E+00	2600	7.92E-09	无
	D02散射	0.005	2.3	38.6	1.00E+00	2600	7.83E-09	无

注：入境通道采用石膏板隔出通道，边检执勤室、指挥室采用玻璃隔间，不计入屏蔽。

表11-15 各预测点受照叠加情况

预测点	受照类型	预测点剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	叠加预测点剂量率 $\mu\text{Gy/h}$
①出口挡杆外30cm	D01漏射	4.47E-10	4.31E-08
	D02漏射	4.55E-10	
	D03漏射	4.47E-10	
	D01散射	2.09E-08	
	D02散射	2.09E-08	
②入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区	D01漏射	4.36E-10	4.21E-08
	D02漏射	4.42E-10	
	D03漏射	4.36E-10	
	D01散射	2.04E-08	
	D02散射	2.04E-08	
③北墙外30cm	D01漏射	1.67E-08	3.11E-01
	D03漏射	3.37E-09	
	D02透射	3.11E-01	
	D01散射	7.79E-07	
④南墙外30cm	D01透射	3.11E-01	3.11E-01
	D03漏射	3.37E-09	
	D02漏射	1.56E-08	
	D02散射	7.79E-07	
⑤边检执勤室	D01漏射	3.99E-10	2.20E-08
	D02漏射	4.30E-10	
	D03漏射	4.60E-10	
	D02散射	2.07E-08	
⑥边检指挥室操作位	D01漏射	2.58E-10	1.57E-08
	D02漏射	2.97E-10	
	D03漏射	3.45E-10	
	D02散射	1.48E-08	
⑦安检通道北侧旅检区域	D01漏射	3.55E-10	4.07E-02
	D03漏射	2.20E-10	
	D02透射	4.07E-02	
	D01散射	1.38E-08	
⑧司机位	D01漏射	3.35E-09	5.98E-07
	D02漏射	3.51E-09	
	D03漏射	3.35E-09	
	D01散射	2.94E-07	

	D02散射	2.94E-07	
⑨入口挡杆外10m	D01漏射	2.17E-10	1.64E-08
	D02漏射	2.28E-10	
	D03漏射	2.17E-10	
	D01散射	7.92E-09	
	D02散射	7.83E-09	

由上表计算结果可知：关注点剂量率最大计算值为 $3.11\text{E-}01\mu\text{Gy/h}$ （北墙外30cm、南墙外30cm），控制室（边检指挥室）操作位剂量率为 $1.57\text{E-}08\mu\text{Gy/h}$ ，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中场所辐射水平中检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，以及操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于 $1.0\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

11.2.2.6 辐射影响叠加分析

本项目2个车辆安检通道错开布置，为了保守估算2套查验系统南北墙外和保护目标辐射影响，选取查验四周关注点进行叠加。因前文2套设备关注点计算时已选取查验系统四周最近的关注点，故2套查验系统叠加计算时，沿用各组设备相同方位下的关注点开展叠加分析。若距离最近关注点处的叠加结果满足标准限值要求，即可判定两套查验系统同步运行时，对该方位保护目标产生的辐射影响均可达标。

表11-16 辐射影响叠加分析一览表

预测位置	装置型号	预测结果	叠加结果	照射类型	标准要求 $\mu\text{Sv/h}$
旅检区域	BGV6100	$1.62\text{E-}01$	$2.03\text{E-}01$	公众	2.5
	BGBS2030	$4.07\text{E-}02$			
边检指挥室操作位	BGV6100	$9.10\text{E-}04$	$9.10\text{E-}04$	职业	1.0
	BGBS2030	$1.57\text{E-}08$			
北墙外30cm	BGV6100	$4.70\text{E-}01$	$7.81\text{E-}01$	公众	1.0
	BGBS2030	$3.11\text{E-}01$			
南墙外30cm	BGV6100	$1.18\text{E+}00$	$1.49\text{E+}00$	公众	1.0
	BGBS2030	$3.11\text{E-}01$			
边检执勤室、边检办公区1	BGV6100	$1.18\text{E+}00$	$1.49\text{E+}00$	公众	1.0
	BGBS2030	$3.11\text{E-}01$			
边检执勤室、边检办公区2	BGV6100	$1.18\text{E+}00$	$1.49\text{E+}00$	公众	1.0
	BGBS2030	$3.11\text{E-}01$			
出境出口（入境出口）	BGV6100	$2.02\text{E-}01$	$2.02\text{E-}01$	公众	1.0
	BGBS2030	$4.31\text{E-}08$			
出境入口	BGV6100	$1.81\text{E-}01$	$1.81\text{E-}01$	职业/公众	职业1.0

	BGBS2030	4.31E-08			公众2.5
入境入口	BGV6100	4.21E-08	4.44E-01	职业/公众	职业1.0
	BGBS2030	4.44E-01			公众2.5

由上表计算结果可知：两台车辆检查系统工作时，项目关注点剂量率最大计算值为1.49E+00μGy/h（南墙外30cm、边检执勤室、边检办公区1、边检办公区2），控制室（边检指挥室）操作位剂量率为9.10E-04μGy/h，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中场所辐射水平中检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h，以及操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于1.0μSv/h的限值要求。

11.2.3 BGV6100加速器天空反散射分析

根据NCRP-151 号报告，天空反散射的计算计算公式为：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} \left(B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3} \right)}{(d_i d_s)^2} \quad (\text{公式 11-10})$$

式中：

H—距离X射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的X射线周围剂量当量率（Sv·h⁻¹）；

B_{xs} ——X射线屋顶的屏蔽透射比，屋顶的屏蔽选用探测器臂架屏蔽30mm铅+20mm钢， B_{xs} 取1.84E-01；

Ω ——由X射线源与屏蔽墙对向的立体角（Sr）， Sr =屋顶处照射野面积m²/（源到屋顶高度）²，加速器不向天空照射，斜向射入横探测器和竖探测器，加速器出束口宽2mm，屋顶照射按0.3m计算，屋顶照射野面积面积取6.7*0.3

d_i ——在屋顶上方2m处离靶的垂直距离（m），本项目取10.5m；

d_s ——X射线源至P点的距离（m）；

D_{10} ——距靶1m处源强，本项目为24Gy/h

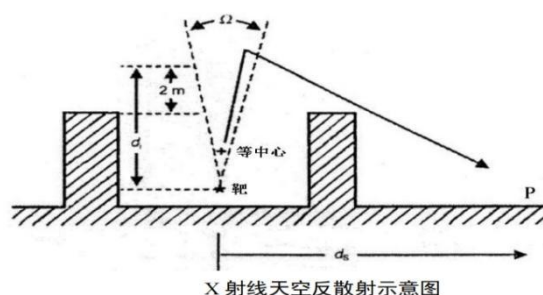


表11-17 BGV6100加速器天空反散射剂量估算

关注点	关注点描述	D ₁₀ (Gy·h)	Ω	d _i (m)	d _s (m)	B _{xs}	H (μSv/h)
①	出口挡杆外30cm	24	0.026	10.5	27.3	1.84E-01	1.13E-02
②	南墙外30cm	24	0.026	10.5	8.9	1.84E-01	1.04E-01
③	南墙侧后方外30cm	24	0.026	10.5	9.1	1.84E-01	9.96E-02
④	北墙侧后方墙外30cm	24	0.026	10.5	3.8	1.84E-01	5.08E-01
⑤	边检指挥室操作位	24	0.026	10.5	48	1.84E-01	3.70E-03
⑥	入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区	24	0.026	10.5	16.1	1.84E-01	3.24E-02
⑦	安检通道北侧旅检区域	24	0.026	10.5	7.2	1.84E-01	1.57E-01
⑨	入口挡杆外10m	24	0.026	10.5	26.7	1.84E-01	1.18E-02

注：司机位处于通道内，不进行天空反散射计算。

表11-18 BGV6100加速器天空反散射剂量叠加散射漏射透射剂量估算

关注点	关注点描述	天空反散射 (μSv/h)	散射漏射透射 (μSv/h)	合计 (μSv/h)	照射类型
①	出口挡杆外30cm	1.13E-02	2.02E-01	2.13E-01	公众
②	南墙外30cm	1.04E-01	1.18E+00	1.28E+00	公众
③	南墙侧后方外30cm	9.96E-02	2.53E-02	1.25E-01	公众
④	北墙侧后方墙外30cm	5.08E-01	4.70E-01	9.78E-01	公众
⑤	边检指挥室操作位	3.70E-03	9.10E-04	4.61E-03	职业
⑥	入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区	3.24E-02	4.44E-01	4.76E-01	职业/公众
⑦	安检通道北侧旅检区域	1.57E-01	1.62E-01	3.19E-01	公众
⑨	入口挡杆外10m	1.18E-02	1.81E-01	1.93E-01	公众

考虑到BGBS2030查验系统在BGV6100加速器旁，保守考虑，用本项目加速器天空反散射剂量最大值5.08E-01μSv/h和BGBS2030查验系统贡献值进行叠加，分析辐射工作场所周围关注点剂量率情况：

表11-19 BGBS2030周围关注点叠加加速器天空反散射剂量估算

关注点描述	BGBS2030贡献值 μSv/h	加速器天空反散射 剂量μSv/h	叠加结果μSv/h	照射类型
①出口挡杆外30cm	4.31E-08	5.08E-01	5.08E-01	公众
②入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区	4.21E-08	5.08E-01	5.08E-01	职业/公众
③北墙外30cm	3.11E-01	5.08E-01	8.19E-01	公众
④南墙外30cm	3.11E-01	5.08E-01	8.19E-01	公众
⑤边检执勤室	2.20E-08	5.08E-01	5.08E-01	公众
⑥边检指挥室操作位	1.57E-08	5.08E-01	5.08E-01	职业
⑦安检通道北侧旅检区域	4.07E-02	5.08E-01	5.49E-01	公众
⑨入口挡杆外10m	1.64E-08	5.08E-01	5.08E-01	公众

表11-20 2台设备辐射影响叠加分析一览表 (Gy/h)

预测位置	装置型号	预测结果	叠加结果	叠加天空反散射	叠加结果
旅检区域	BGV6100	1.62E-01	2.03E-01	5.08E-01	7.11E-01
	BGBS2030	4.07E-02			
边检指挥室操作位	BGV6100	9.10E-04	9.10E-04	5.08E-01	5.09E-01
	BGBS2030	1.57E-08			
北墙外30cm	BGV6100	4.70E-01	7.81E-01	5.08E-01	1.29E+00
	BGBS2030	3.11E-01			
南墙外30cm	BGV6100	1.18E+00	1.49E+00	5.08E-01	2.00E+00
	BGBS2030	3.11E-01			
边检执勤室、边检办公区1	BGV6100	1.18E+00	1.49E+00	5.08E-01	2.00E+00
	BGBS2030	3.11E-01			
边检办公区2	BGV6100	1.18E+00	1.49E+00	5.08E-01	2.00E+00
	BGBS2030	3.11E-01			
出境出口（入境出口）	BGV6100	2.02E-01	2.02E-01	5.08E-01	7.10E-01
	BGBS2030	4.31E-08			
出境入口	BGV6100	1.81E-01	1.81E-01	5.08E-01	6.89E-01
	BGBS2030	4.31E-08			
入境入口	BGV6100	4.21E-08	4.44E-01	5.08E-01	9.52E-01
	BGBS2030	4.44E-01			

由上表可知，两台车辆检查系统工作并叠加天空反散射时，项目关注点剂量率最大计算值为2.00E+00μGy/h（南墙外30cm、边检执勤室、边检办公区1、边检办公区2），控制室（边检指挥室）操作位剂量率为5.09E-01μGy/h，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中场所辐射水平中检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h，以及操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于1.0μSv/h的限值要求。

11.2.3 年有效剂量估算（正常情况和叠加天空反散射情况）

本项目各保护目标剂量估算公式如下：

$$H = \dot{H} \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{公式11-9})$$

式中：

H ：X-γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$\dot{H}$ ：关注点处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ：X射线照射时间，h；

T ：居留因子。

保护目标剂量率选取依据：

以上述最大工况下的辐射剂量计算结果，估算本项目辐射工作人员及公众成员的受照剂量。按照最不利的情况，辐射工作人员所在操作位及人员进出处考虑全居留，居留因子取1；项目周边评价范围内流动人员考虑部分居留，取居留因子为1/16，出入口流动人员取居留因子为1/32。

根据建设单位提供的资料，本项目该检查系统一年工作250天，一天工作8个小时，该设备扫描速度为0.4m/s，一次扫描23m长（取保守值，包括集装箱和货车车头）的集装箱需用时约57.5s，每小时检查30辆左右集装箱车辆，则1年中加速器出束时间最多为 $8\text{h} \times 30 \times 250 \text{d} \times 57.5\text{s} / 3600 \approx 958\text{h}$ 。辐射工作人员每班4人（每套车辆查验系统配置2人，一人引导，一人控制室操作），实行5天8小时工作制，年工作250天。

根据上述参数，本项目辐射工作人员及公众成员最大受照剂量计算结果见表11-21。

表11-21 BGV6100车辆检查装置运行时人员年有效剂量计算结果一览表

序号	关注点描述	照射类	居留因子	照射时	关注点剂量	年有效剂量	剂量限值
①	出口挡杆外30cm	公众	1/32	958	2.02E-01	6.00E-03	0.1
		职业	1	958	2.02E-01	1.94E-01	5
②	南墙外30cm；	公众	1/32	958	1.18E+00	3.50E-02	0.1
③	南墙侧后方外30cm	公众	1/32	958	2.53E-02	1.00E-03	0.1
④	北墙侧后方墙外30cm	公众	1/32	958	4.70E-01	1.40E-02	0.1
⑤	边检指挥室操作位	职业	1	958	9.10E-04	1.00E-03	5
⑥	入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区	公众	1/32	958	4.44E-01	1.30E-02	0.1
		职业	1	958	4.44E-01	4.25E-01	5
⑦	安检通道北侧旅检区域	公众	1/32	958	1.62E-01	5.00E-03	0.1
⑧	司机位	公众	1/32	958	5.65E+00	1.69E-01	/
⑨	入口挡杆外10m	公众	1/32	958	1.81E-01	5.00E-03	0.1
		职业	1	958	1.81E-01	1.73E-01	5

表11-22 BGBS2030车辆检查装置运行时人员年有效剂量计算结果一览表

序号	关注点描述	照射类型	居留因子	照射时间(h)	关注点剂量率($\mu\text{Gy/h}$)	年有效剂量(mSv/a)	剂量限值(mSv/a)
①	出口挡杆外30cm	公众	1/32	958	4.31E-08	1.29E-09	0.1
		职业	1	958	4.31E-08	4.13E-08	5
②	入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待	公众	1/32	958	4.21E-08	1.26E-09	0.1

	检区	职业	1	958	4.21E-08	4.03E-08	5
③	北墙外30cm	公众	1/32	958	3.11E-01	9.31E-03	0.1
④	南墙外30cm	公众	1/32	958	3.11E-01	9.31E-03	0.1
⑤	边检执勤室	公众	1/32	958	2.20E-08	6.59E-10	0.1
⑥	边检指挥室操作位	职业	1	958	1.57E-08	1.50E-08	5
⑦	安检通道北侧旅检区域	公众	1/32	958	4.07E-02	1.22E-03	0.1
⑧	司机位	公众	1/32	958	5.98E-07	1.79E-08	0.1
⑨	入口挡杆外10m	公众	1/32	958	1.64E-08	4.91E-10	0.1
		职业	1	958	1.64E-08	1.57E-08	5

表11-23 2套车辆查验系统同时运行时公众、职业年有效剂量估算情况

关注点描述	照射类型	居留因子	照射时间 (h)	关注点剂量率 (μGy/h)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量限值 (mSv/a)
旅检区域	公众	1/32	958	2.03E-01	6.08E-03	0.1
边检指挥室操作位	职业	1	958	9.10E-04	8.72E-04	5
北墙外30cm	公众	1/32	958	7.81E-01	2.34E-02	0.1
南墙外30cm	公众	1/32	958	1.49E+00	4.46E-02	0.1
边检执勤室、边检办公区1	公众	1/32	958	1.49E+00	4.46E-02	0.1
边检执勤室、边检办公区2	公众	1/32	958	1.49E+00	4.46E-02	0.1
出境出口（入境出口）	公众	1/32	958	2.02E-01	6.05E-03	0.1
出境入口	职业/公众	1; 1/32	958	1.81E-01	职业1.73E-01; 公众5.42E-03	职业5 公众0.1
入境入口	职业/公众	1; 1/32	958	4.44E-01	职业4.25E-01; 公众6.05E-03	职业5 公众0.1

根据上表的计算结果可知：

单台车辆检查系统工作时，辐射工作人员的最大年有效剂量为4.25E-01mSv/a，公众成员的最大年有效剂量分别为3.50E-02mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员、公众成员年有效剂量限值分别为5mSv/a、0.1mSv/a的要求。

两台车辆检查系统工作时，项目辐射工作人员的最大年有效剂量为4.25E-01mSv/a，公众成员的最大年有效剂量分别为4.46E-02mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本

标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员、公众成员年有效剂量限值分别为5mSv/a、0.1mSv/a的要求。

考虑天空反散射时，职业人员、公众人员年有效剂量计算结果计算情况见下表：

表11-24 BGV6100车辆检查装置运行时人员年有效剂量计算结果一览表

序号	关注点描述	照射类型	居留因子	照射时间 (h)	关注点剂量率 (μ Gy/h)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量限值 (mSv/a)
①	出口挡杆外30cm	公众	1/32	958	2.13E-01	6.38E-03	0.1
②	南墙外30cm	公众	1/32	958	1.28E+00	7.66E-02	0.1
③	南墙侧后方外30cm	公众	1/32	958	1.25E-01	3.74E-03	0.1
④	北墙侧后方墙外30cm	公众	1/32	958	9.78E-01	2.93E-02	0.1
⑤	边检指挥室操作位	职业	1	958	4.61E-03	4.42E-03	5;
⑥	入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区	职业；公众	1； 1/32	958	4.76E-01	职业4.56E-01； 公众1.43E-02	职业5； 公众0.1
⑦	安检通道北侧旅检区域	公众	1/32	958	3.19E-01	9.55E-03	0.1
⑨	入口挡杆外10m	公众	1/32	958	1.93E-01	5.78E-03	0.1

*注：对于X射线，辐射权重因子取1，1Sv=1Gy，下同。

表11-25 BGBS2030车辆检查装置运行时人员年有效剂量计算结果一览表

序号	关注点描述	照射类型	居留因子	照射时间 (h)	关注点剂量率 (μ Gy/h)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量限值 (mSv/a)
①	出口挡杆外30cm	公众	1/32	958	5.08E-01	1.52E-02	0.1
②	入口挡杆外30cm引导人员活动区域、待检区	职业/公众	1； 1/32	958	5.08E-01	职业4.87E-01； 公众1.52E-02	职业5； 公众0.1
③	北墙外30cm	公众	1/32	958	8.19E-01	2.45E-02	0.1
④	南墙外30cm	公众	1/32	958	8.19E-01	2.45E-02	0.1
⑤	边检执勤室	公众	1/32	958	5.08E-01	1.52E-02	0.1
⑥	边检指挥室操作位	职业	1	958	5.08E-01	4.87E-01	5
⑦	安检通道北侧旅检区域	公众	1/32	958	5.49E-01	1.64E-02	0.1
⑨	入口挡杆外10m	公众	1/32	958	5.08E-01	1.52E-02	0.1

表11-26 2台设备辐射叠加（同时叠加天空反散射）年有效剂量计算结果一览表

预测位置	照射类型	居留因子	照射时间 (h)	关注点剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量限值 (mSv/a)
旅检区域	公众	1/32	958	7.11E-01	2.13E-02	0.1
边检指挥室操作位	职业	1	958	5.09E-01	4.88E-01	5
北墙外30cm	公众	1/32	958	1.29E+00	3.86E-02	0.1
南墙外30cm	公众	1/32	958	2.00E+00	5.99E-02	0.1
边检执勤室、边检办公区1	公众	1/32	958	2.00E+00	5.99E-02	0.1
边检办公区2	公众	1/32	958	2.00E+00	5.99E-02	0.1
出境出口 (入境出口)	公众	1/32	958	7.10E-01	2.13E-02	0.1
出境入口	公众	1/32	958	6.89E-01	2.06E-02	0.1
	职业	1			6.60E-01	5
入境入口	公众	1/32	958	9.52E-01	2.85E-02	0.1
	职业	1			9.12E-01	5

根据上表的计算结果可知：2台设备同时运行，叠加天空反射后，辐射工作人员的最大年有效剂量为9.12E-01mSv/a，公众成员的最大年有效剂量分别为5.99E-02mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员、公众成员年有效剂量限值分别为5mSv/a、0.1mSv/a的要求。

11.2.5 驾驶员位置一次通过周围剂量当量的安全分析

根据厂家资料，BGV6100型集装箱车辆检查系统具有2种模式，主动模式：被检车辆不动，司机下车，设备移动对车辆进行扫描；快检模式：被检车辆不停车缓慢通过扫描通道。对车厢及货物进行透视扫描。

BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统工作时只有快检模式：被检车辆不停车缓慢通过扫描通道。对车厢及货物进行透视扫描。

根据前文计算结果，两种设备驾驶舱司机位的一次通过的周围剂量当量估算情况见下表。

表11-27 货车司机一次检查吸收剂量估算表

位置	司机位剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	单次扫描时间*	居留因子	一次吸收剂量 (μSv)	备注
BGV6100 驾驶舱司机位	5.65E+00	57.5s	1	9.02E-02	权重因子WR、WT取1
BGBS2030 驾驶舱司机位	5.98E-07	57.5s	1	9.55E-09	

*注：由于存在受检车辆长短不一的情况，单次扫描不固定时间，货车司机一次检查吸收剂量估算时，扫描时间和设备工作负荷保持统一（扫描速度为0.4m/s，一次扫描23m长的集装箱需用时约57.5s）

由上表可知，货车司机一次检查吸收剂量最大值为 $9.02\text{E-}02\mu\text{Sv}$ ，本项目满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中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 $0.1\mu\text{Sv}$ 要求

11.2.6 臭氧、氮氧化物分析

X射线机、加速器电离空气产生的臭氧、氮氧化物分析，参考有关公式计算有害性气体的产生和排放计算。

空气在辐射照射下产生臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要是考虑臭氧的产生及其防护。

（1）臭氧的产生

平行电子束所致 O_3 的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P=45dIG \quad (\text{公式 11-6})$$

式中：

P——单位时间电子束产生 O_3 的质量（mg/h）；

I——电子束流强度（mA）；本项目按 $I=10\text{mA}$ 估算；

d——电子在空气中的行程（cm），本项目保守取 10cm 。

G——空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，保守值可取为10。

$$P=45*10*10*10=4.50\text{E}+04 \text{ (mg/h)}$$

则臭氧年排放总量= $4.50\text{E}+04*958=43.11\text{kg}$ ，臭氧月排放总量= $43.11/12=3.59\text{kg}$ 。BGV6100、BGBS2030车辆安检通道的门洞尺寸为 $4\text{m}\times 5\text{m}$ ，自然通风风速按 1m/s ，自然通风量约为 $72000\text{m}^3/\text{h}$ 。BGV6100车辆安检通道区域容积约 3437.1m^3 （长 $54\text{m}\times$ 宽 $6.7\text{m}\times$ 高 9.5m ），自然通风条件下，该区域约3分钟（ 0.0477h ）可完整换气一次。

（2）加速器查验通道臭氧的平衡浓度

在加速器正常运行期间，臭氧不断产生，考虑到室内连续通风和臭氧自身的化学分解（有效化学分解时间约为50分钟），辐射工作区域空气中臭氧的平衡浓度随辐照时间 t 的变化为：

$$C(t) = \frac{PT_e}{V} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_e}} \right) \quad (\text{公式11-10})$$

式中：

C(t)——辐射工作区域空气中在t时刻臭氧的浓度(mg/m³)；

P——单位时间电子束产生O₃的质量 (mg/h)；

Te——对臭氧的有效清除时间(h)

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \quad (\text{公式 11-11})$$

Tv——辐射工作区域室换气一次所需时间(h)；

Td——臭氧的有效化学分解时间(h)，约为50分钟。

此种情况下，Tv<<Te，因而Te=Tv。

根据评价本项目中辐射工作区域容积V=3437.1m³，自然排风速率以72000m³/h计算，可得到换气一次所需时间Tv=3437.1/72000=0.0477h。

当长时间辐照时，则辐射工作区域内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad (\text{公式 11-12})$$

式中：Cs——辐射工作区域内臭氧平衡浓度，mg/m³；

V——辐射工作区域体积，m³；本项目体积为3437.1m³。

$$Cs=4.50E+04*0.0477/3437.1=0.63\text{mg/m}^3$$

(3) 臭氧的排放

加速器长期正常运行期间，室内臭氧达到饱和平衡浓度，通常情况下，该浓度大大高于GBZ 2.1所规定的工作场所最高容许浓度。因此，当加速器停止运行后，人员不能直接进入辐照室，风机必须继续运行，室内臭氧浓度随时间急剧下降，根据浓度变化的平衡方程可以推导得到浓度随时间的变化公式为：

$$C = C_s e^{-\frac{t}{T_e}} \quad (\text{公式 11-13})$$

式中：C——辐照室内臭氧随时间变化的浓度，mg/m³；

t——变化时间，h；达到GBZ 2.1规定的臭氧的最高容许浓度时的时间t=T；

Te——臭氧的有效清除时间(h)；

由此可得：

关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (\text{公式 11-14})$$

式中：

C_0 ——GBZ 2.1规定的臭氧的最高容许浓度， $C_0=0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；

T ——为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间(h)。

则：

$$T=-0.0477*\ln(0.3/0.63)=0.0354\text{h}$$

$$C=0.63*e^{(-0.0354/0.0477)}=0.299 < 0.3 \quad (\text{mg}/\text{m}^3)$$

即停机后0.0354h（2.12min），机房内臭氧浓度降低至0.299mg/m³。

实际加速器运行中，单次出束时间约57.5s，再次出束时，辐射工作区域已完成自然完整换气一次。场所由自然通风及车辆进出带动空气流动交换，臭氧浓度可以满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中“辐射源室内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于0.3mg/m³”的要求。本项目X射线机能量远低于加速器，根据上文类比分析，X射线机产生的臭氧的浓度也不会超标。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，门洞尺寸较大，自然通风条件好，产生的废气对环境影响可以接受。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故工况

车辆查验系统在意外情况下，可能出现的辐射事故有：

- 1.安全联锁失效，射线装置出束时人员误入安检通道；
- 2.使用过程中由于设备参数设置不当、误操作、防护设施配备不到位，或者人员未进行恰当的防护造成过量照射。

11.3.2 事故预防措施

拟采取的预防措施主要为：

1. 加强辐射安全管理，增强安全意识，应对从业人员进行辐射安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核合格后方可上岗；
2. 制定自检制度，且严格进行经常性自查，如发现安全联锁装置、紧急停束装置、输出剂量联锁、声光报警安全装置、监视装置等辐射安全防护设施出现故障，应立即检查和修复。
3. 严格执行辐射安全管理制度，严格按照操作规范操作；

4. 制定事故应急预案，加强事故应急演练；

5.发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急预案。

通过采取以上措施，能规范日常设备巡检与设备运维流程，保障各类安全联锁、报警、紧急关停防护装置稳定可靠运行。在出现突发险情时做到快速响应、科学处置，有效管控人员受到的辐射照射剂量，减轻项目运行辐射产生的危害。

图11-1 BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统关注点计算示意图

图11-2 BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统关注点计算示意图

表12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2019年修订）》等有关法律法规及国家标准的要求，射线装置使用单位拟成立辐射安全防护管理机构，拟制订辐射环境管理规章制度。成立的辐射防护与安全工作小组，应全面负责辐射防护与安全工作，规定各成员相应的职责，做到分工明确、职责分明。领导小组应加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施，做到有效管理，责任到人。

具体职责如下：

（1）组织贯彻落实国家和地方政府、和有关辐射安全与环境保护工作的方针、政策；

（2）定期召开会议，听取辐射安全与环境保护工作情况汇报，讨论决定辐射安全与环境保护工作中的重大问题和采取的措施；

（3）组织开展射线装置安全检查活动，组织处理、通报事故；

（4）组织制定和完善射线装置管理制度和操作规程，监督检查各规章制度的执行，督促整改辐射事故隐患。

12.2 辐射安全管理规章制度

射线装置使用单位，拟按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2019年修订）》的要求制定以下辐射安全管理规章制度：《车辆查验系统操作规程》、《车辆查验系统辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作场所监测方案》、《职业健康管理制度》、《个人剂量监测制度》、《辐射工作人员职业健康监护档案管理制度》等。

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第二款的要求，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。本项目投运前8名辐射工作人员应按照《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》（公告2019年第57号）要求，在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核后方可上岗。

依据《放射工作人员职业健康管理辦法》、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等要求：辐射工作人员作业期间必须佩戴个人剂量计，个人剂量计每季度送具备资质的机构开展个人剂量监测；辐射工作人员上岗前必须完成上岗前职业健康体检，在岗期间每两年开展一次在岗职业健康检查，并建立完整的职业健康监护档案。

12.3 辐射监测

本项目辐射监测分为工作场所及环境辐射监测、个人剂量监测。

（1）工作场所及环境辐射监测：

本项目须委托有资质的单位定期对辐射工作场所及周围环境进行X- γ 辐射剂量率，监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，监测数据每年年底向生态环境主管部门上报备案。射线装置进行维修前后，应分别进行一次监测；事故发生后，在事故处理前后对周围环境分别进行一次监测。

（2）个人剂量监测：

辐射工作人员工作时要求佩戴个人剂量计，且按每季度 1 次的频度送其个人剂量计至有资质的部门进行个人剂量监测，射线装置使用单位应严格按照国家法规和相关标准进行个人剂量监测和相关的防护管理工作。建立了个人剂量档案并妥善保管。个人剂量监测档案包括辐射操作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。

12.4 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2019年修订）》的规定，射线装置使用单位，拟制定辐射事故应急预案，成立辐射事故应急处理领导小组。辐射事故应急处理领导小组组员应为射线装置使用单位主要负责人，其他相关人员任组员，并需要参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

辐射事故应急预案应包含以下内容：

1、基本原则

（1）预防为主、常备不懈。坚持预防为主的方针，做好各项日常检查工作，

做到常备不懈。宣传普及环境应急知识，不断提高工作人员环境安全意识。建立和加强突发环境事件的预警机制，切实做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。

（2）统一领导，分工负责。单位辐射安全实行法人负责下的分级定责管理，不同等级的突发事件，启动相应级别的预警和响应。

（3）依靠科学、快速反应。不断完善应急反应机制，强化人力、物力、财力贮备，增强应急处理能力；依靠科学，加强指导，规范业务操作，实现应急工作的科学化、规范化。

2、应急组织及职责

（1）射线装置使用单位第一责任人负责总体指挥和调配；辐射防护安全领导小组负责具体实施应急行动；安全防护部门负责现场监控辐射剂量以及配合生态环境、卫生健康的剂量监控；各部门的安全员负责清点岗位人员，操控装置恢复安全状态，在上级的指令下完成设备的转、停、修复和配合工作；办公室负责对外联络、上报、请示、引导和接待工作，文档的记录、收集、整理和备案。

（2）应急调配原则：即在发生应急事件时，第一责任人或第一责任人指派的总负责人，可以临时调配边防站工作人员投入抢险和救治工作。如果有生态环境等上级主管部门的指挥人员在场，应听从其调配。

（3）事故报告和评估：辐射事故责任报告单位及人员发现或获知辐射事故时，应在2小时内向所在市、县级以上生态环境行政主管部门报告。辐射事故的报告的主要包括：辐射事故的类型、发生时间、地点、污染源、人员受害情况、受害面积及程度、辐射事故潜在的危害程度、转化方式趋向等初步情况。

（4）应急程序：发生辐射事故时，则防止公众进入警戒区，及时将事故情况上报使用地生态环境行政主管部门，人员伤亡情况上报卫生健康行政主管部门。通过以上措施来有效防范和处置突发事故，将事故发生的概率和事故危害控制到最低程度。一旦发生辐射事故，将及时处理，采取必要的防范措施，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》（环发〔2016〕145号），在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组上报当地生态环境行政主管部门及省级生态环境行政主管

部门，同时上报公安部门，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。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

(5)监督检查安全培训及健康管理：从事辐射操作的工作人员应持证上岗，对操作人员的防护及健康等情况进行抽查，以便对从事辐射操作工作人员的辐射剂量进行监督，杜绝超剂量上岗。射线装置使用单位应配备便携式监测仪器，对工作场所进行不定期的监测。

(6)应急培训与演习：辐射安全管理机构负责根据实际情况，组织和实施本单位的辐射事故应急演练，每年至少组织一次辐射应急演练和辐射事故应急相关知识的培训。演习结束后，及时进行总结，以评估和验证辐射事故应急预案的可行性和有效性，必要时修订应急管理办法和响应程序。

12.5 竣工环保验收

根据《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等相关规定，本项目试运行三个月内，建设单位应当按照生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，并编制验收报告，建设单位不具备编制验收监测报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。建设单位对受委托的技术机构编制的验收监测报告结论负责。环评建议本项目竣工环境保护验收内容如下：

表12-1 竣工环境保护验收内容

序号	验收项目	主要内容及要求
1	环保手续完善	环评手续齐备，取得辐射安全许可证。
2	项目建设情况	实际建设内容及规模与环评内容一致。
3	剂量限值达标	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“剂量限值”要求
4	管理规章制度	制定各项管理规章制度和操作规程，并张贴于控制室内墙上。
5	事故应急预案	制定了详细完整、合理可行的辐射事故应急预案。
6	落实监测计划	每两年一次职业健康检查、每季度一次个人剂量监测，落实日常自行环境监测，并有详细记录。在项目竣工验收时，进行一次验收监测。

7	人员持证情况	职业人员均在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核
8	配置防护用品	为辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪。
9	年度评估	射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

表12-2 监测计划一览表

序号	工作场所	监测项目	监测频次		
			验收监测	年度检测	日常监测
1	监督区边界	X射线周围剂量当量率	完工后竣工验收监测1次，并组织编制竣工环保验收调查报告表	每年委托第三方辐射监测机构监测 1 次	日常巡检监测1次
2	控制室				
3	操作位				
4	司机位				
5	保护目标处				

验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收报告结论，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，改完成后方可提出验收意见。

12.6 环保投资

本项目总投资1700万元，其中环保投资70万元，占总投资的4.12%，本项目环保投资一览表见表12-3。

表12-3 环保投资一览表

序号	项目	环保措施	投资（万元）
施工期			
1	噪声	施工围挡	0.3
2	施工扬尘	洒水抑尘土	0.2
3	固体废物	垃圾清运、回收	0.5
运营期			
1	电离辐射	混凝土安检通道、安全围栏、道闸	50
		系统出束安全联锁钥匙开关、门联锁、急停拉线、警灯警铃、警示标志、监	10
		环保验收、年度检测	3
2	其他	辐射监测仪器、辐射防护用品、职业健康体检、个人剂量监测	6
合计			70

表13 结论与建议

13.1结论

13.1.1实践的正当性

塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站车体查验系统建设项目的建设，目的在于提升边检查缉效能和口岸通关率，有效防范走私、偷渡、毒爆物品流入等风险，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标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.1.2产业政策符合性

本项目使用车辆货物安全查验系统，符合国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类项目中四十三、公共安全与应急产品2. 检验检测装备及技术：食品药品安全快速检验技术、仪器设备开发及应用，放射性、毒品等违禁品、核生化恐怖源等危险物品快速探测检测技术与产品，生命探测装备，消防产品质量快速检测设备，农产品及其产地环境的有害元素监测技术开发与应用，故本项目建设符合产业政策。

13.1.3选址的合理性

本项目位于塔什库尔干县红其拉甫出入境边防检查站前哨班综合查验室出、入境通道处，选址具有唯一性。项目东北侧为建设中的旅检区域，西南侧为现有出、入境通道，项目东侧、西侧为出入境车辆人员待检区（314国道）。本项目评价范围（出入境通道防护墙两侧向外延伸50m，出入境通道口两侧向外延伸100m）设备运行区域100m范围内无居民区，学校，幼儿园，医院等敏感建筑，项目选址符合要求。

13.1.4项目所在地区环境质量现状

由辐射环境现状γ辐射剂量率监测结果可项目区环境本底γ辐射空气吸收剂量率处于正常本底，未发现辐射异常情况。

13.1.5环境影响分析

单台车辆检查系统工作时，BGV6100组合移动式集装箱/车辆检查系统安检通道周围关注点剂量率最大计算值为1.18E+00μGy/h（南墙外30cm），控制室（边检指挥室）操作位剂量率为9.10E-04μGy/h，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中场所辐射水平中检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h，操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于1.0μSv/h的限值要求。

单台车辆检查系统工作时，BGBS2030型三视角固定式背散射安全检查系统安检通

道周围关注点剂量率最大计算值为 $3.11\text{E-}01\mu\text{Gy/h}$ （北墙外30cm、南墙外30cm），控制室（边检指挥室）操作位剂量率为 $1.57\text{E-}08\mu\text{Gy/h}$ ，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中场所辐射水平中检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，以及操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于 $1.0\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

单台车辆检查系统工作时，辐射工作人员的最大年有效剂量为 $4.25\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，公众成员的最大年有效剂量分别为 $3.50\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员、公众成员年有效剂量限值分别为 5mSv/a 、 0.1mSv/a 的要求。货车司机一次检查吸收剂量最大值为 $9.02\text{E-}02\mu\text{Sv}$ ，驾驶员位置一次通过的周围剂量当量满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中规定的不大于 $0.1\mu\text{Sv}$ 要求。

两台车辆检查系统工作时，项目关注点剂量率最大计算值为 $1.49\text{E+}00\mu\text{Gy/h}$ （南墙外30cm、边检执勤室、边检办公区1、边检办公区2），控制室（边检指挥室）操作位剂量率为 $9.10\text{E-}04\mu\text{Gy/h}$ ，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中场所辐射水平中检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，以及操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于 $1.0\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

两台车辆检查系统工作时，项目辐射工作人员的最大年有效剂量为 $4.25\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，公众成员的最大年有效剂量分别为 $4.46\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员、公众成员年有效剂量限值分别为 5mSv/a 、 0.1mSv/a 的要求。

两台车辆检查系统工作并叠加天空反散射时，项目关注点剂量率最大计算值为 $2.00\text{E+}00\mu\text{Gy/h}$ （南墙外30cm、边检执勤室、边检办公区1、边检办公区2），控制室（边检指挥室）操作位剂量率为 $5.09\text{E-}01\mu\text{Gy/h}$ ，满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》（GBZ143-2015）中场所辐射水平中检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，以及操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于 $1.0\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

两台车辆检查系统工作并叠加天空反射射时，辐射工作人员的最大年有效剂量为 $9.12\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，公众成员的最大年有效剂量分别为 $5.99\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员、公众成员年有效剂量限值分别为 5mSv/a 、 0.1mSv/a 的要求。

本项目不产生放射性固体废物、放射性废液。

非辐射环境影响分析：

（1）本项目X射线、电离空气产生的少量臭氧、氮氧化物自然通风稀释，对大气环境影响较小。

（2）辐射工作人员生活污水统一收集，依托现有排水系统排至防渗化粪池内，定期拉运至塔什库尔干县城区生活污水处理厂，对水环境影响较小。

（3）辐射工作人员产生的生活垃圾依托边检站垃圾处理设施，集中收储，统一运输到塔什库尔干县生活垃圾综合处置中心，固体废弃物产生的环境影响在可接受范围内。

13.1.6辐射安全管理结论

本次评价已提出设置辐射安全与环境保护管理机构的要求，明确了职责分工，并拟设置完善的辐射防护和辐射安全管理制度，拟制定辐射事故应急预案等。本次评价要求辐射工作人员上岗前必须按照国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核。在落实辐射防护措施、辐射工作人员培训、个人剂量体检、职业健康监测的要求后，本项目辐射安全满足要求。

13.1.7可行性结论

本项目的建设方案已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行了设计，在全面落实本报告提出的辐射安全防护措施及环保措施的基础上，切实做到“三同时”，并在项目运行时严格执行辐射防护安全管理制度和监测计划，则本项目正常运行时，对周围环境的影响能够符合辐射环境保护的要求，对项目周围的环境、职业人员、公众人员产生的影响较小，从环境保护和辐射防护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2建议与承诺

13.2.1建议

（1）认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，完善管理制度。

（2）加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。各专业辐射工作人员上岗前必须取得所需专业的培训证书。

（3）定期将辐射监测设备送至有检定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的

有效性，严格限制辐射工作场所周围人员居留时间。

（4）应将辐射事故应急预案装裱上墙，每年至少组织一次预案培训工作，并定期进行应急演练。

（5）本项目试运行三个月内，应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的内容和要求，对本项目开展竣工环保验收工作。

13.2.2 承诺

（1）及时制定完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行，在项目建设和运行过程中，加强内部监督管理，不违规操作、不弄虚作假，并接受环保部门的监督检查和及时整改检查中发现的问题；

（2）按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》要求开展个人剂量监测、工作场所监测和环境监测工作；

（3）按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）的要求，除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。

