

报告编号：QZHAHP-2023-003

核技术利用建设项目

连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道
车辆检查系统项目（变动）环境影响报告表
（报批稿）

甘肃省兰州高速公路处

二〇二三年十月

生态环境部监制

报告编号：QZHAHP-2023-003

核技术利用建设项目

连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道 车辆检查系统项目（变动）环境影响报告表 （报批稿）

建设单位名称：甘肃省兰州高速公路处

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：甘肃省兰州市城关区雁北路 2826 号

邮政编码：730030

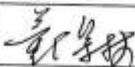
联系人：梁正才

电子邮箱： /

联系电话：18919091976

打印编号: 1695280519000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	p0u9io		
建设项目名称	连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目(变动)		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称(盖章)	甘肃省兰州高速公路处		
统一社会信用代码	126200006654055558		
法定代表人(签章)	吕斌		
主要负责人(签字)	梁正才		
直接负责的主管人员(签字)	梁正才		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司		
统一社会信用代码	91620100MA74K4E7XJ		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
董保林	2015035110350000003509110094	BH022704	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李宜德	全文本编制	BH063076	

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	10
表 3	非密封放射性物质	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	16
表 8	环境质量和辐射现状	19
表 9	项目工程分析与源项	22
表 10	辐射安全与防护	32
表 11	环境影响分析	42
表 12	辐射安全管理	53
表 13	结论与建议	59
表 14	审批	61

附件 1: 原环评批复

附件 2: 委托书

附件 3: 现状检测报告

附件 4: 专家组评审意见

附件 5: 修改情况的说明

附件 6: 专家组评审意见修改说明

附件 7: 专家组签字表

附件 8: 参会人员签字表

表 1 项目基本情况

建设项目名称		连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目(变动)			
单位名称		甘肃省兰州高速公路处			
法人代表	吕斌	联系人	梁正才	联系电话	18919091976
注册地址		甘肃省兰州市城关区雁北路 2826 号			
项目建设地点		兰州东绿色通道车辆检查系统位于甘肃省兰州市榆中县定远镇兰州东收费站; 兰州北绿色通道车辆检查系统位于安宁区忠和镇兰州北收费站			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)		760	环保投资(万元)	4.01	投资比例 0.53%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其他			占地面积(m ²) /
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	/			
1.1 单位简介					
甘肃省兰州高速公路处主要负责管辖路段的收费运营管理、清障救援组织、养护监督及服务区监管等工作。					
1.2 核技术应用项目的任务和由来					
为响应国务院七部委《全国高效鲜活农产品流通“绿色通道”建设实施方案》、国务院办公厅《关于加快发展冷链物流保障食品安全促进消费升级的意见》、交通运输部、国家发展改革委、财政部三部委《关于进一步完善鲜活农产品运输绿色通道政策的紧急通知》(交公路发[2010]715号)相关政策, 2019年, 建设单位准备在兰州东、北2个收费站各建设1套绿色通道车辆检查系统, 用于绿色产品车辆的检查。该检查系统选型为MIX500N型绿色通道车辆检查系统, 检查系统使用1台X射线机作为辐射源, 额定管					

电压为 450kV，额定管电流为 10mA，属于II类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年12月29日重新修订)、《建设项目环境保护管理条例》(国务院第682号令,2017年)等相关法规的规定,本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021年版),本项目属于“第172-核技术利用建设项目——生产、使用II类射线装置”,环评文件形式为编制环境影响报告表。

为此,建设单位于2019年9月委托甘肃核创环保科技有限公司对《连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目》进行了环境影响评价工作,并于2020年6月15日取得了《甘肃省生态环境厅关于连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目环评报告表的批复》(见附件1)。

建设单位取得该项目环评批复文件后,于2020年7月对该项目进行施工建设,同年12月建设完成。根据项目环评报告表及相关法规文件的要求,建设单位按照《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号第四次修订,2021年1月4日发布)中“第十六条”所列条款,于2021年5月准备并向甘肃省生态环境厅上报了该项目《辐射安全许可证》申领的相关材料。甘肃省生态环境厅受理该项申请后,组织相关专家对项目建设情况进行了现场踏勘,并与已批复的《连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目环评报告表》进行了对照、分析,经踏勘、对照、分析,发现该项目实际建设情况与已批复的《连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目环评报告表》中建设内容不一致,具体变动内容如下:

(1) 建设内容

详见表 1-1。

表 1-1 连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目环评建设内容与实际建设内容一览表

项目	环评建设规模	实际建设规模
连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目	在兰州东、兰州北收费站收费广场分别建设一套 MIX500N 型绿色通道车辆检查系统,检查系统使用 1 台 X 射线机作为辐射源,额定管电压为 450kV,额定管电流为 10mA,属于II类射线装置。	在兰州东、兰州北收费站收费广场分别建设了一套 MIX500N 型绿色通道车辆检查系统,检查系统使用 2 台 X 射线机作为辐射源,额定管电压均为 200kV,额定管电流均为 2.5mA,属于II类射线装置。

(2) 工艺

详见表 1-2。

**表 1-2 连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目
环评工艺与实际工艺一览表**

项目	环评工艺	实际工艺
连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目	1、MIX500N 型绿色通道车辆检查系统使用 1 台 X 射线机。 2、接收端为立柱部分和横梁部分。	1、MIX500N 型绿色通道车辆检查系统使用 2 台 X 射线机。 2、增大了接收端面积(横梁部分)。

(3) 变动原因调查

根据设备厂家答复,原批复中的 1 台 X 射线机出束时,照射面积受限,被检车辆车厢不能被完全照射,存在死角。现使用 2 台 X 射线机,在出束端按照“一上一下”布局,完全避免了被检车厢留存死角的情况。

为此,甘肃省生态环境厅终止了建设单位关于该项目《辐射安全许可证》的申请,认为该项目建设情况属于重大变动,并要求建设单位按照项目实际建设内容重新开展环境影响评价工作报生态环境主管部门审批,并持新的经批复的环评文件进行《辐射安全许可证》申领和建设项目竣工环保验收。

为尽快履行完成该项目环保手续,争取早日为绿色产品车辆服务,建设单位于 2023 年 8 月委托甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司进行本项目环境影响报告表的编制工作,见附件 2。评价单位通过对本项目进行现场调查、辐射环境现状检测,在查阅设计资料的基础上,结合本项目实际建设情况,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 10.1-2016)的要求,编制了本环境影响报告表。

1.3 本期建设内容和规模

建设单位在连霍高速公路兰州东、兰州北收费站分别建设了 1 套 MIX500N 型绿色通道车辆检查系统,用于检测通行“绿色通道”车辆装载运输的鲜活农产品。MIX500N 型绿色通道车辆检查系统使用 2 台 X 射线机作为辐射源,额定管电压为 200kV,额定管电流为 2.5mA。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》(2017 年 12 月 6 日起实施),本项目车辆检查用 X 射线装置属于 II 类射线装置。X 射线机具体参数见表 1-3。

表 1-3 MIX500N 型绿色通道车辆检查系统用 X 射线机参数一览表

装置名称	型绿色通道车辆检查系统	
型号	MIX500N	
类别	II 类	
数量	4 台(兰州东、兰州北收费站各 2 台)	
输出	X 射线额定管电压	200kV

	X 射线额定管电流	2.5mA
	1m 处的漏射线空气比释动能率 (mGy/h)	≤2.5
	距靶 1m 处的输出量 (μSv·m²/(mA·h))	1.72×10 ⁻⁶
	使用时出束方向	兰州东车辆检查系统: 水平朝东 兰州北车辆检查系统: 水平朝西
	被检车辆距离源点的距离 (m)	1.7
	工作方式	连续工作
	靶头过滤片的厚度及材料	2mm Al
	生产厂家	北京曼德克环境科技有限公司
	使用场所	兰州东、兰州北收费站

注: 表 1-2 中 1m 处的漏射线空气比释动能率、距靶 1m 处的输出量分别来自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014) 中表 1、表 B.1, 其余参数均来自设备说明书。

本项目组成及主要环境问题见表 1-4。

表 1-4 本项目组成及主要环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	在兰州东、兰州北收费站分别建设一套 MIX500N 型绿色通道车辆检查系统, 该系统使用 2 台 X 射线机作为辐射源, 额定管电压为 200kV, 额定管电流为 2.5mA, 属于 II 类射线装置。	已结束	X 射线、臭氧及氮氧化物
辅助工程	控制室、道杆、地感线圈、光栅等	已结束	/
公用工程	高速公路收费站收费亭		/
办公及生活设施	利用收费站办公及生活设施	/	生活废水, 生活垃圾

1.4 项目地理位置及选址合理性分析

(1) 项目地理位置

兰州东车辆检查系统位于甘肃省兰州市榆中县定远镇兰州东收费站, 检查系统位于兰州东收费站最东侧车道, 主射束朝向东侧沟壑, 工作人员操作位位于车辆检查系统北侧 20.3m 处的控制室内, 检查系统已建区域场地空旷, 除过往车辆人员再无人员滞留, 主要四至环境描述见表 1-5, 收费站地理位置见图 1-1, 50m 范围四至环境见图 1-2。

表 1-5 兰州东收费站车辆检查系统四至环境

四至方位	四周场所环境描述
东侧	50m 范围内为沟壑
西侧	50m 范围内为兰州东收费站高速公路出入车道

南侧	50m 内为车辆等候区
北侧	20.3m 处为检查系统控制室, 101m 处为收费站最东侧收费亭



图 1-1 兰州东收费站地理位置图



图 1-2 兰州东收费站车辆检查系统四至环境图

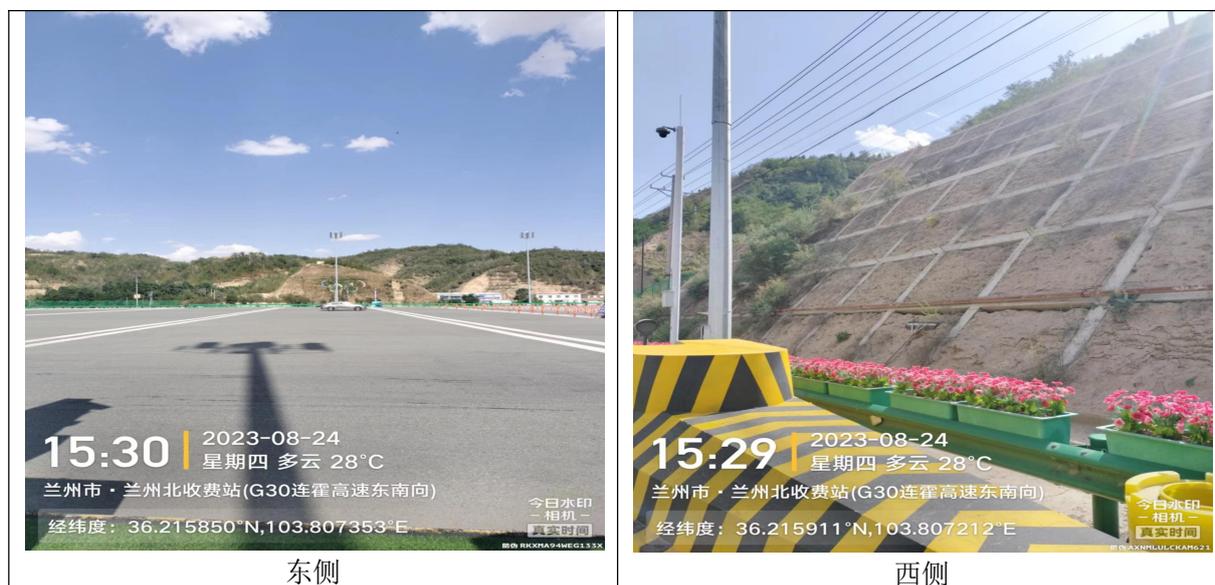
兰州北车辆检查系统位于甘肃省兰州市安宁区忠和镇兰州北收费站,检查系统所在车道是兰州北收费站最西侧车道,主射束朝向西侧护坡,工作人员操作位位于车辆检查系统南侧 20.3m 处的控制室内,检查系统已建区域场所空旷,除过往车辆人员再无人员滞留,主要四至环境描述见表 1-6,收费站地理位置见图 1-3,50m 范围四至环境见图 1-4。

表 1-6 兰州北收费站车辆检查系统四至环境

四至方位	四周场所环境描述
东侧	50m 范围内为兰州东收费站高速公路出入车道
西侧	50m 范围内为护坡
南侧	20.3m 处为检查系统控制室,101m 处为收费站最西侧收费亭
北侧	50m 内为车辆等候区



图 1-3 兰州北收费站地理位置图



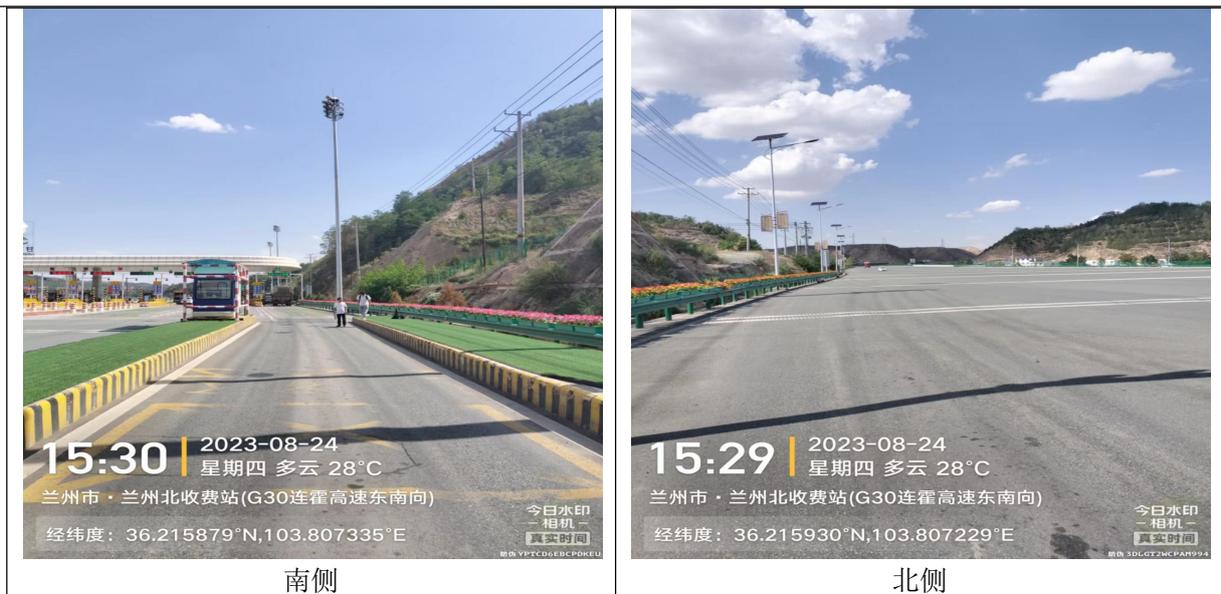


图 1-4 兰州北收费站车辆检查系统四至环境图

(2) 项目布局、选址合理性分析

本项目投入运行后,被检车辆在接受检查后如符合通过绿色通道要求,则控制室工作人员发放绿色通道通行卡,否则在车道收费亭处正常缴费,该布局符合“分区合理、工艺流畅、物流短捷;突出环保、远近结合、和谐统一”的原则,因此布局合理。

兰州东、兰州北绿色通道车辆检查系统控制室与辐射源的直线距离均为 20.3m;收费站最近收费岗距辐射源的直线距离均为 101m。兰州东收费站车辆检查系统主束方向侧为沟壑,兰州北收费站检查系统主束方向侧为山坡,均避开了相邻车道,且项目周围 50m 范围内无常住居民,相对空旷,无环境制约因素,检测过程中产生的电离辐射经屏蔽防护和距离衰减后,对周围工作人员、公众及环境造成辐射影响很小,不会造成危害,故本项目选址合理。

1.5 代价利益分析

1.5.1 产业政策符合性分析

本项目使用 X 射线对鲜活农产品运输车辆进行检测,属于核技术在无损检测领域内的运用,根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录(2021 年本)》相关规定,属于该指导目录中鼓励类第三十一项““科技服务中第 1 条“质量检测服务”,符合国家当前的产业政策。

1.5.2 实践正当性分析

绿色通道检查系统通过产生的 X 射线对货物车厢扫描成像,得到车厢内部不同密度物质的分布图像,从而区分出货物是否满足绿色通道货车减免放行的目的,满足绿色通道检查的实际需要。

报告表“表 10 中对有司机驾驶的货运车辆的检查系统的附加要求明确引导员首先告知货车驾驶员可能所受的辐射危害, 由货车驾驶员决定是否使用车辆检查系统, 或者采用人工查验的方式通过”, 且本项目的辐射实践经过充分论证, 权衡利弊, 其带来的社会总利益大于为其所付出的代价, 同时加强对本项目的管理, 合理控制其运行对周围环境的影响, 使其实践所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。

1.6 评价目的

- (1) 对本项目周围区域辐射环境现状进行监测, 掌握区域辐射环境本底水平。
- (2) 对照相关技术规范要求, 评价项目建成情况是否满足辐射防护要求。
- (3) 预测项目在运行过程中对工作人员、公众以及周围环境造成的辐射影响。
- (4) 评价辐射防护措施效果, 提出减少辐射危害的措施, 为环境保护行政主管部门管理提供依据。
- (5) 对不利影响和存在的问题提出防治和整改措施, 把辐射影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。
- (6) 通过项目环境影响评价, 为建设单位环境和人身保护及辐射环境管理给予技术支持。

1.7 环保投资一览表

本项目总投资为 760 万元, 环保投资 4.01 万, 环保投资占总投资比例为 0.53%。

表 1-7 环保投资一览表

辐射安全措施		内容	投资金额 (万元)
辐射防护措施	系统自检	系统自带感应系统, 检查车辆通过情况	系统自带
	自动联锁	当发生故障时, 自动切断高压, X射线停止出束	系统自带
	安全快门	X 射线管出束窗口装有铅屏蔽的安全快门	系统自带
	紧急制动开关	在绿色通道设备的机柜和配电箱上配备急停开关	系统自带
	视频监控装置	系统设计有自动车牌识别系统, 包括视频监控装置等	系统自带
	安全警示标志	检查车道入口处, 辐射源箱体表面设置醒目的电离辐射警示标志	系统自带
	警示系统	在检查系统门架上安装一组绿、红、黄三色出束警示灯和警铃	系统自带
	个人剂量检测	委托有资质机构定期对本项目工作人员进行个人剂量检测 (长期投入)	0.39
	场所检测	工作场所辐射环境年度检测	0.5

监测设备	便携式X-γ剂量监测仪(一次性投入)	2.4
	个人剂量报警仪(一次性投入)	0.72
环保投资合计		4.01
本项目总投资		760
环保投资占总投资比例		0.53%

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》（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 (MV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	绿色通道车辆检查系统	II类	2	MIX500N	200	2.5	鲜活农产品运输车辆检查	兰州东、兰州北收费站	已建
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/

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

2. 含有放射性的废弃物要注明，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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订版), 2015年1月1日起实施;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》, 2003年9月1日起实施;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003年10月1日实施;</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》, 2021年1月1日起实施;</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》, 2017年10月1日起实施;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 2005年12月1日起实施;</p> <p>(7) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》, (环发【2006】145号, 2006年9月26日);</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》, 2008年12月6日起实施;</p> <p>(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日起实施;</p> <p>(10) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》, (环发[2008]13号, 2008年4月14日);</p> <p>(11) 《关于发布<射线装置分类>的公告》, 2017年12月6日起实施;</p> <p>(12) 《甘肃省辐射污染防治条例》, 2021年1月1日起实施;</p> <p>(13) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 2019年11月1日起实施;</p> <p>(14) 《生态环境部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》, 2019年12月17日起实施;</p> <p>(15) 《甘肃省生态环境厅关于委托开展核与辐射类行政许可工作的通知》(甘环核发(2019)8号);</p> <p>(16) 《甘肃省生态环境厅关于印发《甘肃省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录(2023年本)》的通知》(甘环环评发(2023)6号);</p> <p>(17) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评(2017)4号);</p> <p>(18) 《甘肃省人民政府办公厅关于印发甘肃省辐射事故应急预案的通知》(甘政办发(2022)13号)。</p>
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p>

	<p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(5) 参照《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015, 2015-01-13 发布, 2015-06-01 实施)；</p> <p>(6) 参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽设计规范》(GBZ250-2014)；</p> <p>(7) 《辐射型货物和(或)车辆检查系统》(GB/T19211—2015)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价工作委托书</p> <p>(2) 其他技术资料。</p>

表 7 保护目标及评价标准

7.1 评价范围

本项目为II类射线装置使用项目,依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)中第 1.5 条“评价范围和保护目标,通常取装置所在场所实体屏蔽物质边界外 50m 内的范围”,根据本项目的辐射特点,确定本次评价范围为车辆检查系统(含射线源箱、立柱和横梁部分)周边 50m 内的范围。



a) 兰州东收费站



b) 兰州北收费站

图 7-1 评价范围图

7.2 保护目标

本项目周围 50m 范围内无常住居民, 环境保护目标主要为从事该检测工作的职业人员, 以及周围其他非辐射工作人员和公众。

表 7-1 环境保护目标一览表

场所	分类	环境敏感点	保护目标	最近距离(m)	方位	备注	管理约束值(mSv/a)
兰州东	职业人员	控制室	X射线机操作人员	20.3	车辆检查系统北侧	共 6 人, 工作人员分为 3 个班次, 每班次 2 人	5
		等候区	安全引导员	50m 内	车辆检查系统南侧		
	公众	驾驶舱	司机、车辆运输人员	最近 1.7m	车辆检查系统东北侧	流动人员	驾驶员一次通过的周围剂量当量应不大于 0.1μSv
		等候区	临时驻留人员	50m 内	车辆检查系统南侧		0.25
西侧车道	临时通过车辆上人员	相邻	相邻	车辆检查系统西侧			
兰州北	职业人员	控制室	X射线机操作人员	20.3	车辆检查系统东南侧	共 6 人, 工作人员分为 3 个班次, 每班次 2 人	5
		等候区	安全引导员	50m 内	车辆检查系统北侧		
	公众	驾驶舱	司机、车辆运输人员	最近 1.7m	车辆检查系统西南侧	流动人员	驾驶员一次通过的周围剂量当量应不大于 0.1μSv
		北侧等候区	临时驻留人员	50m 内	车辆检查系统北侧		0.25
		东侧车道	临时通过车辆上人员	相邻	车辆检查系统东侧		

7.3 评价标准

7.3.1、《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源的安全。

(1) 管理约束值

B1.1 职业照射

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; 本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理约束值。

B1.2 公众照射

a) 年有效剂量, 1mSv; 本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理约束值。

7.3.2 参照标准《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015)

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:

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划定为监督区。

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 $1.0\mu\text{Sv/h}$ 。

7.3.3、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)

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

4.3.2 任务相关检测和特殊检测应根据辐射检测实践的需要进行。

5.2.6 在预期外照射剂量有可能超过剂量限值的情况下(例如从事有可能发生临界事故的操作或应急操作时), 工作人员除应佩戴常规检测个人剂量计外, 还应佩戴报警式个人剂量计或事故剂量计。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

8.1 辐射环境监测

本项目评价单位甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司于2023年8月对本项目工作场所及周围进行了辐射环境现状监测。

1、现状监测因子及监测对象

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率、周围剂量当量率。

监测对象：本项目已建场址及相邻区域。

2、监测时间与条件

监测时间：2023年8月24日。

环境条件：天气：晴；温度：18~32℃，湿度：15%。

3、监测布点原则及监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)相关要求，本次检测点位布设遵循覆盖评价范围的原则。结合场所区域环境特征、场所功能布局，在各关注点处进行布点，监测点位见图8-1。

4、监测使用仪器及测量方法

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
γ 辐射空气吸收剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	(HJ 1157-2021)
周围剂量当量率	《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》	(GBZ143-2015)

表 8-2 监测仪器设备一览表

序号	仪器名称	仪器型号	仪器编号	仪器参数	校准因子	检定单位/证书编号	有效起止日期
1	便携式 X/ γ 辐射检测仪	AT1120	QZHA-YQ-05 3	测量范围： 10nSv/h~ 100mSv/h	1.09	中国计量科学研究院/检定证书编号： DLjl2023-02736	2023.3.2~ 2024.3.1

5、监测质量保证

- 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。
- 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- 监测仪器经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用标准源对仪器进行校验。
- 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好现场测量记录，根据《环境 γ 辐射剂量率测

量技术规范》(HJ 1157-2021)中“5.5 计算结果”相关要求,经数据处理(^{137}Cs 校准源, 1.2Sv/Gy), 得到各测点处的 γ 辐射空气吸收剂量率。

f、监测报告严格实行三级审核制度,最终由报告签发人签发。

5、环境质量现状监测结果

本项目辐射环境现状检测数据见表 8-3。

表 8-3 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果 (nGy/h)

序号	点位描述	测值范围	检测结果	备注
1	检查系统北侧 20.3m (控制室内、控制室操作位处)	128~132	130±1	兰州东收费站 (关机状态)
2	检查系统北侧 50m 内 (车道、巡测)	106~111	108±2	
3	检查系统东北侧 1.7m 处 (司机驾驶位处)	106~112	109±2	
4	检查系统西侧 50m 内 (车道、巡测)	102~110	106±2	
5	检查系统南侧 50m 内 (等候区、巡测)	101~109	106±2	
1	检查系统南侧 20.3m (控制室内、控制室操作位处)	132~139	135±2	兰州北收费站 (关机状态)
2	检查系统南侧 50m 内 (车道、巡测)	114~120	117±2	
3	检查系统西南侧 1.7m 处 (司机驾驶位处)	106~110	108±1	
4	检查系统北侧 50m 内 (等候区、巡测)	106~112	110±2	
5	检查系统东侧 50m 内 (车道、巡测)	106~111	108±2	
6	检查系统西侧相邻位置处 (护坡)	102~110	105±2	

注:检测结果未扣除宇宙射线响应值;控制室结构材质为:不锈钢骨架,外壳镀锌钢板,内壁及顶棚为象牙彩钢板,外环境地势空旷。

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中“5.5 计算结果”相关要求,经数据处理,得到各测点处的 γ 辐射空气吸收剂量率,由表 8-3 检测结果可知,本项目拟建场址室内 γ 辐射剂量率本底范围为(128~139) nGy/h,室外 γ 辐射剂量率本底范围为(101~120) nGy/h,与《2021 年全国辐射环境质量报告》中 2021 年甘肃省辐射环境自动监测站测得的 γ 辐射空气吸收剂量率年均值范围(97.9-118.2) nGy/h(未扣除宇宙射线响应值)相比,无显著差异。

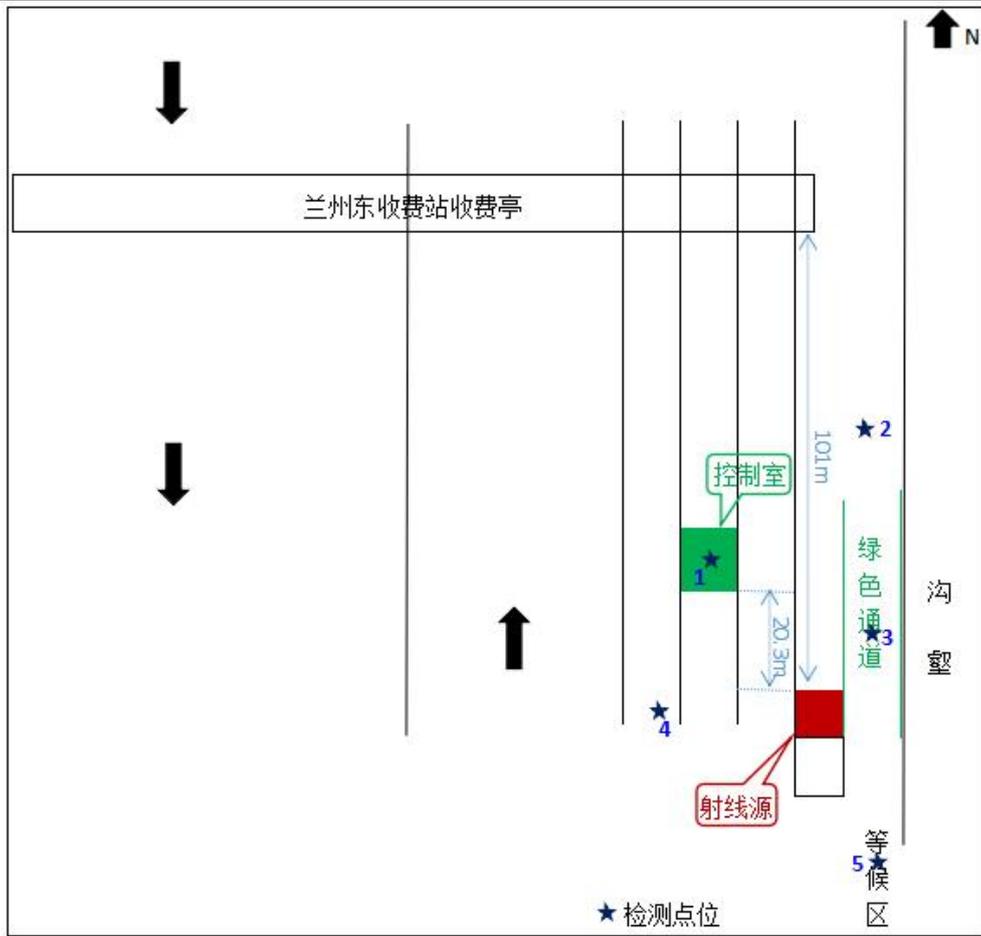


图 8-1 检测点位图 (兰州东为例)

表 9 项目工程分析和源项

9.1 工程设备和工艺分析

(1) 施工期

本项目施工期主要为设备的安装和安全调试,检测设备的安装、调试均有设备供货厂家专业人员进行。施工期主要产生的污染物为施工废水以及施工人员的生活废水,施工扬尘及施工废气,建筑垃圾及生活垃圾,噪声,水土流失。由于本工程规模过小,设备安装期间土建工程量较小,只会在短时间内造成影响,建设项目对环境的影响有限。目前,该项目已建设完成,经现场调查,未遗留环境污染问题。

(2) 营运期

① 工作原理

MIX500N 绿色通道车辆检查系统利用射线辐射成像原理,射线源发出的扇形射线穿透封闭车厢和内部货物,被另一侧探测器接收。由于物品不同部位密度不同,因此对射线的吸收程度不同,探测器输出的信号强弱也不同,将强弱不同的信号经图像处理,显示在计算机屏幕上,就形成了车辆内部物品的轮廓和形态,通过视线查看就可知封闭车厢内装载物品,原理如图 9-1、9-2 所示。

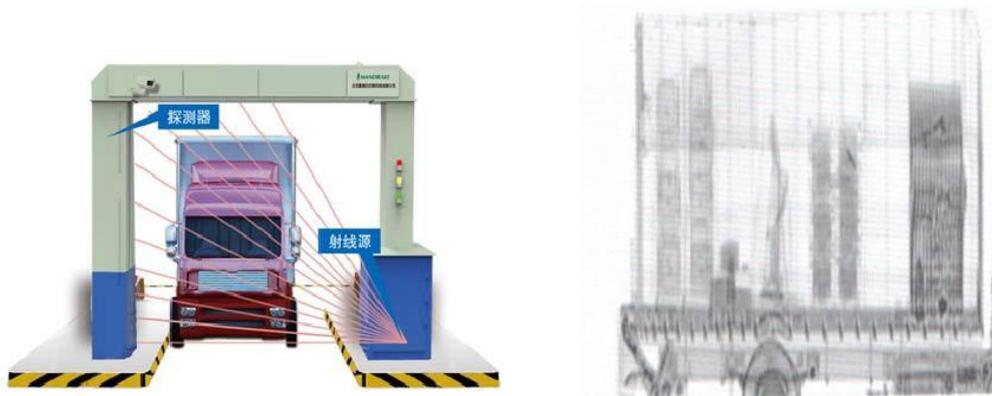


图 9-1 工作成像原理示意图

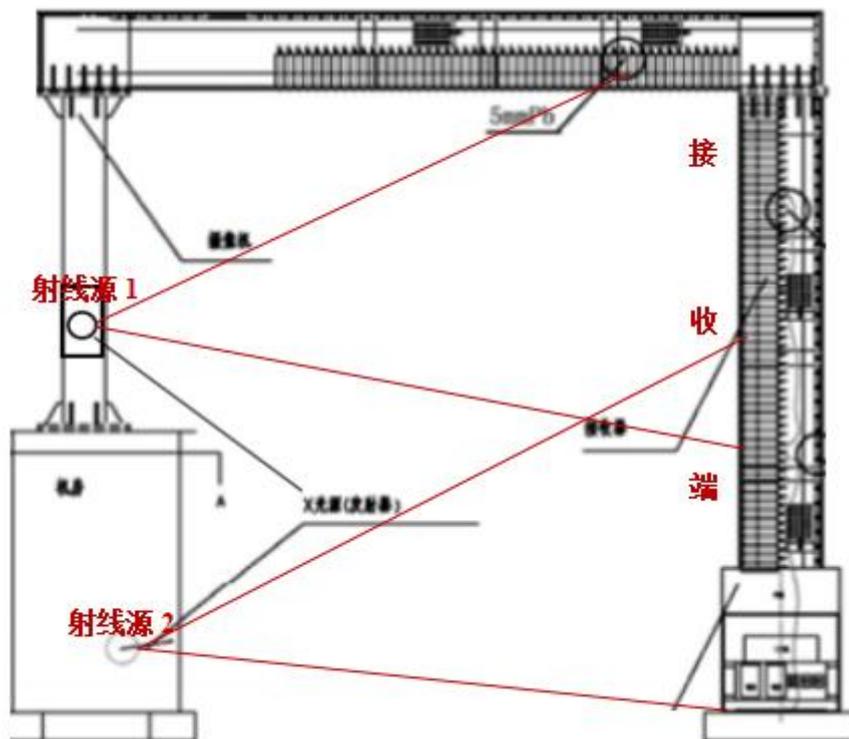


图 9-2 X 光穿透被检测货车示意图

②设备组成

MIX500N 绿色通道车辆检查系统由辐射源子系统、探测器子系统、数据获取和实时成像子系统、图像与数据管理子系统、车辆位置感应系统、系统运行监控子系统组成。各子系统主要功能如下:

a) 辐射源子系统

辐射源子系统包括 X 射线机、X 射线高压电源、X 射线机冷却装置、准直器、快门及驱动装置等, 均安装在辐射源箱中。

X 射线机的相关参数如下:

表 9-1 绿色通道车辆检查系统主要参数

项目	规格
X 射线源	美国 VARIAN NDI-452X X 射线管 额定电压 200kV, 额定电流 2.5mA
最大扫描车辆	宽: 3.5m, 高 5m, 长: 25m
检查速度	通行率: ≤15s/车
车辆扫描通过率	>200 辆车/小时
车辆通过速度	<30km/h
适用车型	冷链车、厢式车、敞篷车
工作环境	工作温度: -20~50℃; 工作湿度: 0%~99%
操作特征	工作状态: 全天 24 小时不间断工作
设备构造	门架结构形式: 由横梁、主立柱、副立柱组成
生产厂家	北京曼德克环境科技有限公司

X 射线源室的相关技术参数如下:

机柜尺寸: (3700×1100×1900) mm;

机柜内壁: 机柜相邻车道侧为 6mmPb 铅当量铅板, 其余侧均为 2mm 铅当量铅板;

准直器: 30mm 厚铅桶, 中心开 2mm 宽的均匀缝隙;

快门: 20mm 厚 L 型铅屏蔽快门。

b) 探测器子系统

探测器子系统接收穿过被检物体后的射线, 包括立柱部分和横梁部分。探测器背面采用“J”型的铅板进行屏蔽, 屏蔽体的宽度约 655mm, 探测器立柱背面防护采用 30mm 铅板, 立柱两侧防护采用 10mm 铅板进行屏蔽, 铅板采用互相交错形式; 横梁防护采用 5mm 铅板, 铅板采用互相交错形式。

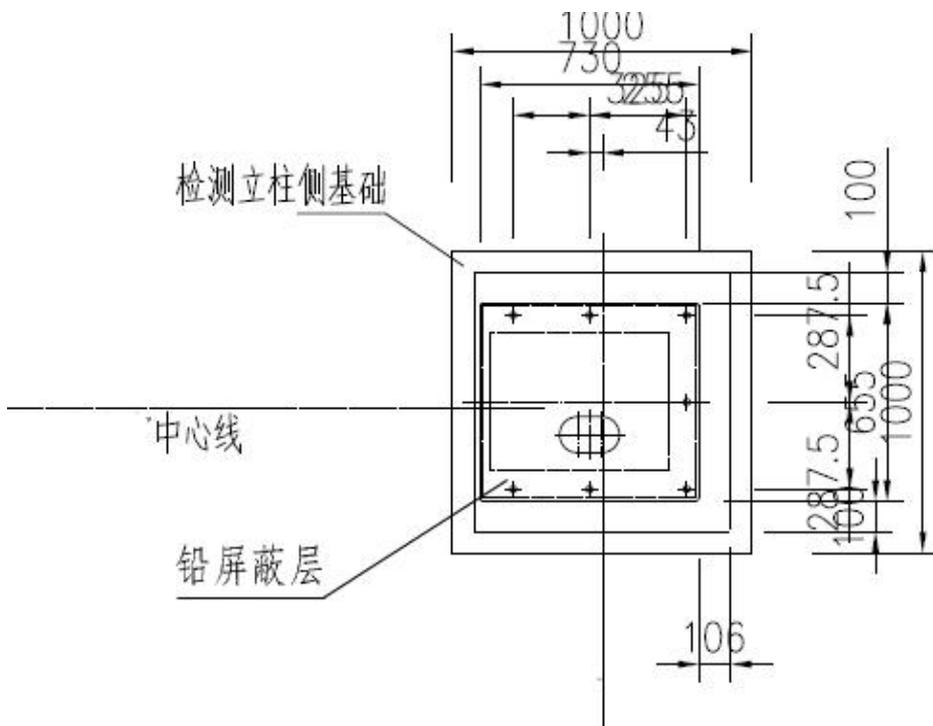


图 9-3 探测器结构示意图

c) 数据获取和实时成像子系统

数据获取和实时成像子系统将探测器输出信号转化为数字信号, 并馈入图像处理子系统, 在计算机屏幕上建立被检客体的二维投影图像。

d) 图像与数据管理子系统

图像与数据管理子系统由图像处理与分析、显示扫描图像和对应的检入信息组成, 帮助检查人员分析图像, 识别被检车辆是否违规。

e) 车辆位置感应系统

车辆位置感应系统由 4 个地面感应线圈组成, 负责检测车辆位置, 并保证系统的协调、

安全工作。

f) 栏杆

当车辆压到地面感应线圈1时, 栏杆将自动抬起, 仅放行一辆车进入检查区域。

g) 系统运行监控子系统

系统运行监控子系统用于监视和控制整个系统的运行状态, 工作人员通过结合光栅和视频监控判断进入检查通道是否为绿色通道受检车辆, 只有绿色通道的车辆进入时, 控制室操作人员才按照检查流程开启检查系统, 行人或其它车辆进入绿色通道时, 检查系统快门关闭, 射线不能出束。

检查系统外型构造见图 9-4, 各子系统相关部件实物见图 9-5。



图 9-4 MIX500N 检查系统外型构造图



X射线机



X射线高压电源



X射线冷却装置



X射线机控制器



控制柜



探测器

图 9-5 子系统相关部件实物图

③ 工作流程

本项目每班安排 2 名工作人员, 其中 1 人位于距离检查系统 20.3m 的控制室操作 X 射线机等, 另外 1 人为安全引导员, 距离检查系统 15m 外, 负责现场告知、安全确认等, 兰州东安全引导员位于检查系统南侧监督区外 50m 内, 兰州北安全引导员位于检查系统北侧监督区外 50m 内。

a) 待检阶段

绿通安检目前均采用预约制, 货车驾驶员如需使用绿通车道需要提前在对应系统上进行预约, 到达预约的收费站进行结算驶离高速。

项目绿色通道检查设有专门的车道, 车道入口处设有明显的龙门架, 上端设有告示牌, 包括限速表示, 人员勿入等标识。待预约车辆到达绿色通道检查车道之前, 引导员会询问货车驾驶员相关信息, 并告知其可能引起的辐射危害, 由货车驾驶员自行决定是否采用车辆检查系统进行检查。如不同意, 收费站工作人员则会采用人工查验的方式进行。绿色通道龙门架如图 9-6 所示。

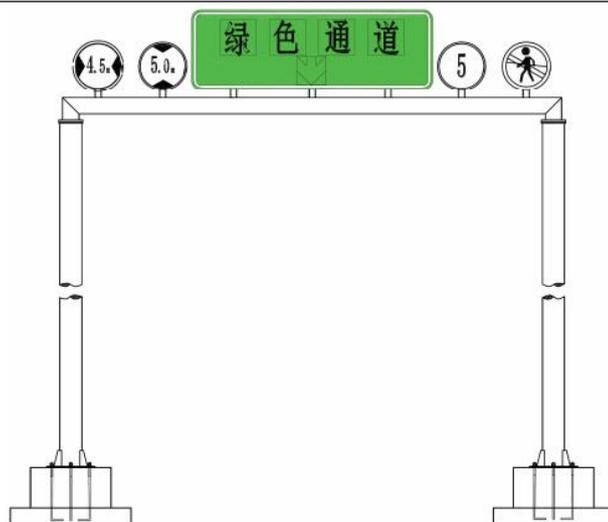


图 9-6 绿色通道入口龙门架示意图

车辆到达检测车道，绿色通道检查区域经安全员（引导员）确定无人员停留时，控制室内操作台上上位机软件界面上点击放行，此时绿色指示灯亮，车进入检测车道通行车辆触发 1 号地感线圈后自动栏杆抬起，仅放行一辆车进入检查区域，如图 9-7 所示。

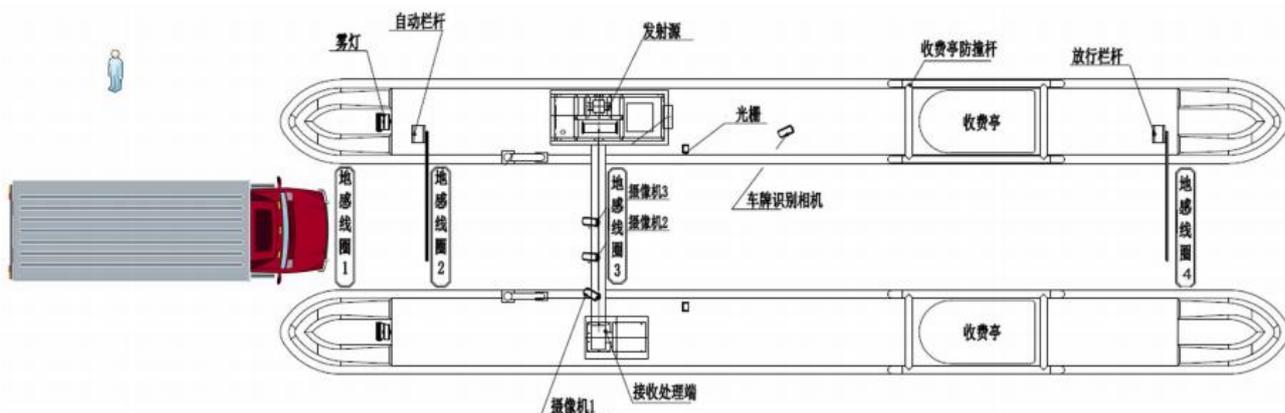


图 9-7 车辆进入待检状态示意图

b) 预检阶段

待检车辆压过 1 号地感线圈时，车牌识别和车型识别仪相机开始工作，警示灯开始闪烁；车牌识别和车型识别仪相机自动识别待检车辆是否为货车。若非货车系统会自动判断过滤此车不出束扫描，特殊车辆系统无法识别时，可人工干预，滤过该不出束扫描车辆。

c) 扫描阶段

预检结束，车辆继续前进，当车辆压过 1 号地感线圈时，X 射线机启动但快门不开启（快门位于准直器狭缝外侧，以屏蔽 X 射线出束），黄色警示灯闪烁，提醒工作人员车辆即将开始扫描检测。

车辆继续前进，车头挡住光栅发射出的光幕时，此时车辆最前端驶出照射区域约 1.5m，此时驾驶室完全错开了 X 射线主束照射范围。检查系统发出指令，X 射线光闸打开，红色警

示灯开始闪烁, X 射线出束, 随着车辆行进, 检测系统对车厢实施扫描, 如图 9-8 所示。

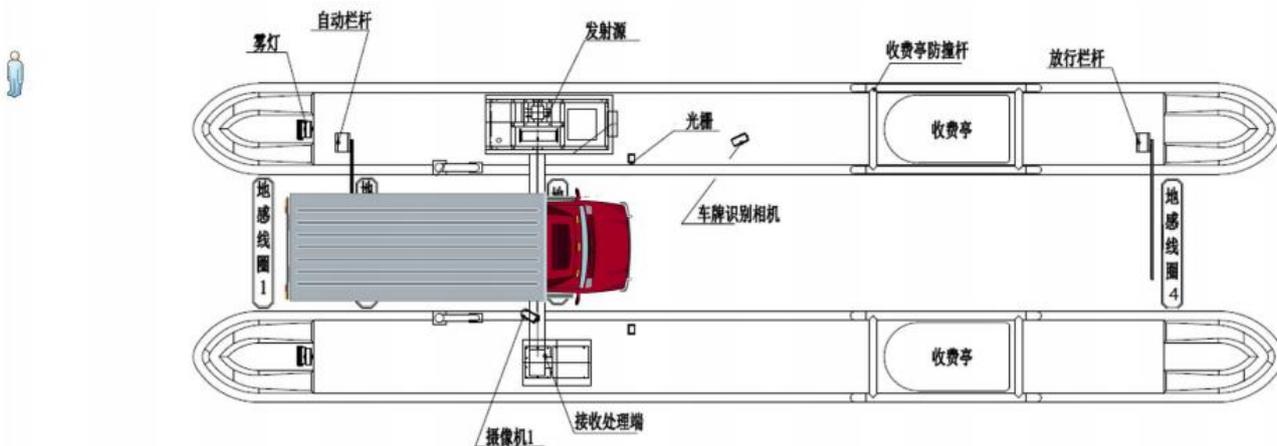


图 9-8 扫描阶段

当车辆驶离 2 号地感线圈时, 栏杆自动降下, 确保一车一杆检查免受干扰, 见图 9-9 所示。

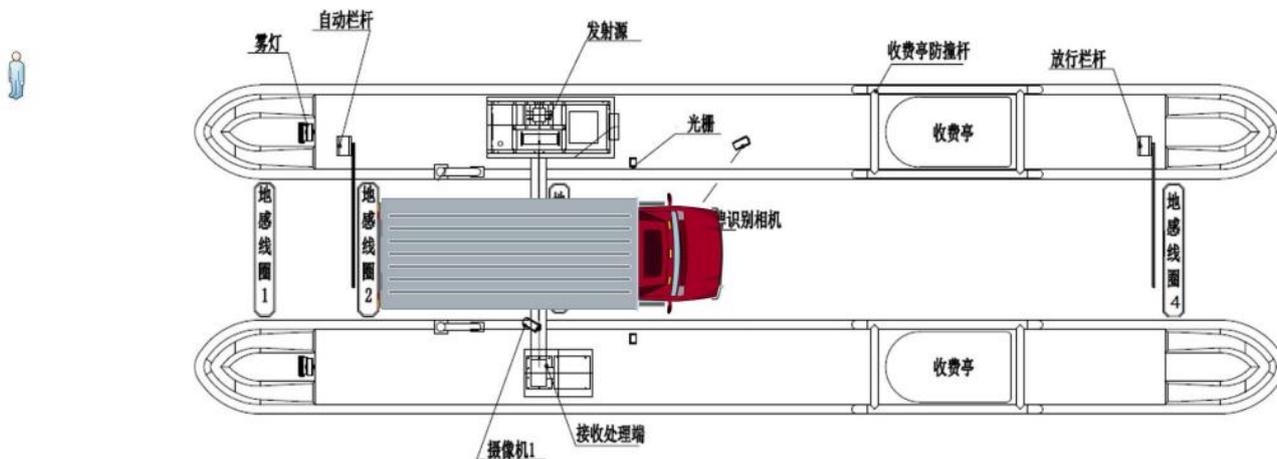


图 9-9 扫描阶段

d) 扫描结束

当车辆驶离 3 号地感线圈时, 立即结束 X 射线出束, 停止对车厢扫描, 图像采集结束, 同时关闭红色警示灯, 检查完毕, 如图 9-10 所示。成像器接收扫描数据传送至图像处理系统并同步发送到收费亭的终端屏幕上, 工作人员根据扫描图像进行判断是否符合绿通车辆标准。控制室的工作人员根据检查图像判定是放行还是收费。

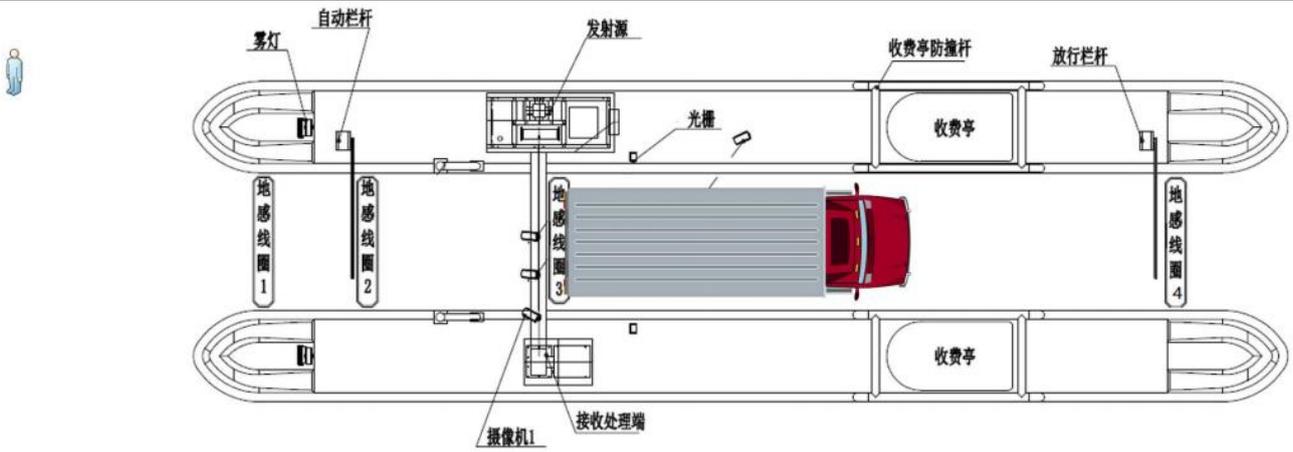


图 9-10 扫描结束

e) 系统复位

当车辆驶离收费亭后, 操作员按下“确认”键后, 系统进入待检状态, 此时下一辆车方可以进入检测区域, 系统复位待检状态, 开始对下一辆车备检, 进行循环工作状态。

整个检查过程驾驶员驾车慢速通过检查区域, 根据设计车速, 正常每次检查 X 射线机出束 2s, 最长不超过 10s, 驾驶员不需下车。详细的工作流程见图 9-11。

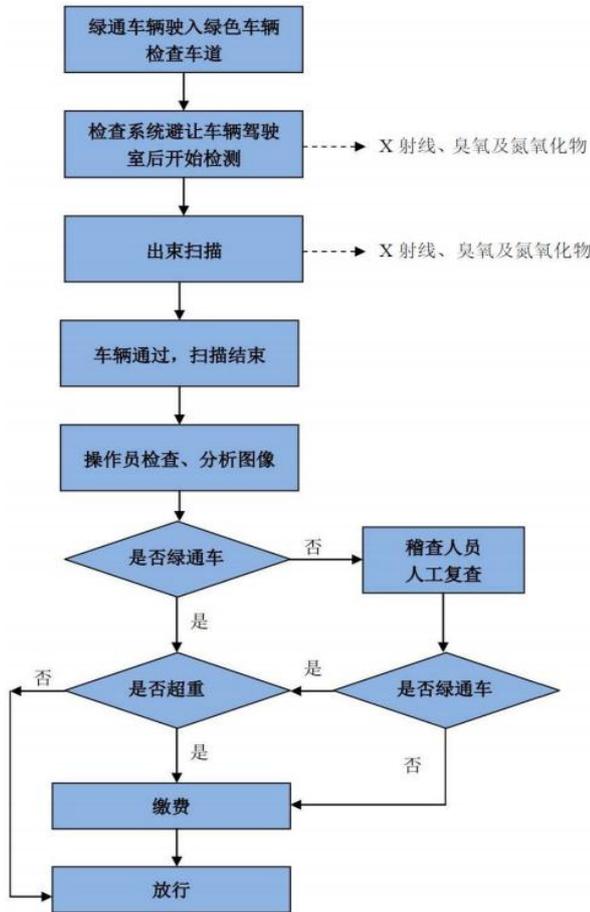


图 9-11 工作流程示意图及产污环节

9.2污染源项描述

(1) 建设施工期

① 土建工程

本项目已建设完成, 施工期对施工废水以及施工人员的生活废水、施工扬尘、建筑垃圾及生活垃圾、噪声等均采取了相应的污染治理措施。经现场调查, 未遗留环境污染问题。

② 射线装置安装、调试

本项目 X 射线装置安装和调试工作已完成, 相关工作均由生产厂家专业人员进行操作。调试期间的环境影响因素主要为 X 射线, 经咨询了解, 在安装调试阶段, 安全联锁装置、紧急止动开关、视频监控装置、语音广播设备、安全警示标志、警示系统等辐射安全与防护设施均落实到位, 期间未发生辐射事故。

(2) 运营期

① 正常工况

a) X 射线

X 射线装置在出束过程中能产生具有能量的 X 射线, 对人员造成外照射, 关机状态下不产生辐射。在设备自身正常和防护措施到位的情况下, X 射线装置屏蔽体外的人员不会受到 X 射线的照射。

b) 臭氧和氮氧化物

X 射线装置在出束过程中会电离空气中的氧气产生臭氧。本项目产生的臭氧量很小且位于室外, 臭氧的化学性质活泼, 因此产生的臭氧的环境影响可以忽略不计。

c) 该系统采用数字化终端成像系统, 不涉及使用定影液、显影液, 不产生清洗废水。

d) 该系统采用数字化终端成像系统, 不涉及固废及危废产生。

② 事故工况

根据射线装置的使用特点, 在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:

a) 管理不善, 运行期间人员误停留在绿色通道车辆检查系统附近, 造成人员意外剂量照射。

b) 自然灾害和人为原因引起的误照事故, 主要是在车辆失控撞击等原因引起绿通快检系统辐射防护措施失灵或设备机械故障导致辐射事故发生。

c) 设备机械故障, 相关安全联锁不能正常运行, 受检车辆停留在检测位致使司机直接受到超剂量的 X 射线照射。

d) 应急情况下, 工作人员未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具, 而

受到超剂量外照射。

e) 维修工程师在检修期间误开机, 造成辐射伤害。

9.3 人员配备、操作时间、工作方式

(1) 人员配备

建设单位为兰州东、兰州北收费站绿色通道检查系统各配备6名工作人员。工作人员分3组, 每组2人。

(2) 操作时间

正常每次检查 X 射线机出束 2s, 最长不超过 10s。根据建设单位预估, 本项目运行后, 全年不间断使用, 兰州东、兰州北收费站绿色通道平均每年检查车厢数量均约 25 万辆。每次则全年出束时间最大为 2500000s, 即 694h。

(3) 工作方式

本项目车辆检查系统使用 2 台 X 射线机, 工作时可根据被检查车辆情况选择 2 台射线机同时运行或者单独 1 台运行。具体操作如下:

①两台同时运行: 每台射线机都有对应的 IP, 在软件后台添加射线机的 IP, 设备运行时, 可同时运行, 同时关闭。

②单台运行: 在软件后台添加对应的射线机 IP, 设备运行或关闭只针对对应的射线机。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目工作场所布局

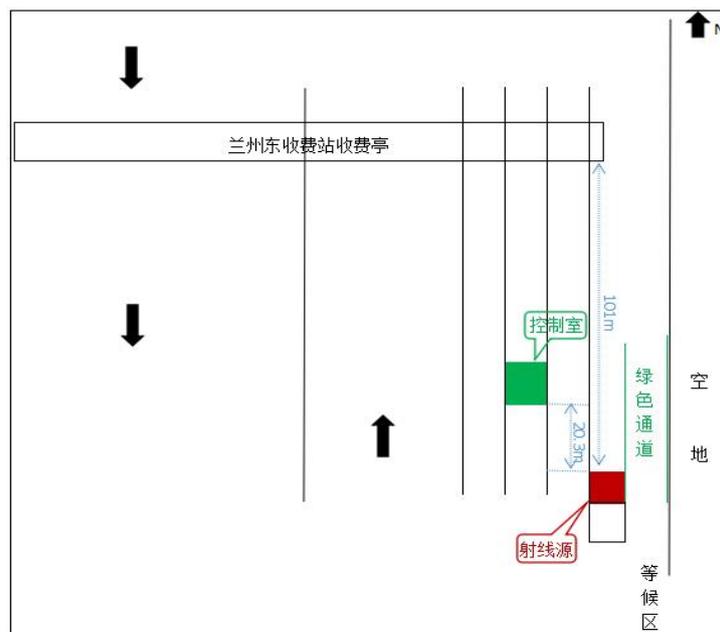
本项目兰州东、兰州北收费站辐射源箱分别位于检查通道的西、东侧安全岛上，主射束分别朝东、西方向，主射束方向分别为沟壑和护坡，探测器所在的检查门架分别位于辐射源箱对面安全岛上，辐射源箱与立柱探测器直线距离均约为 5m。检查门架进口段设有自动栏杆。后方设有通行指示灯。被检车辆如被检定符合通过绿色通道要求，则直接通行，反之按照普通车辆收费原则，计轴缴费。

控制室内操作人员活动路径：操作人员在开机扫描期间均在控制室内停留，通过视频、音频（广播/对讲机）等监控设施控制绿色通道车辆检查系统辐射工作场所内外人员的活动。

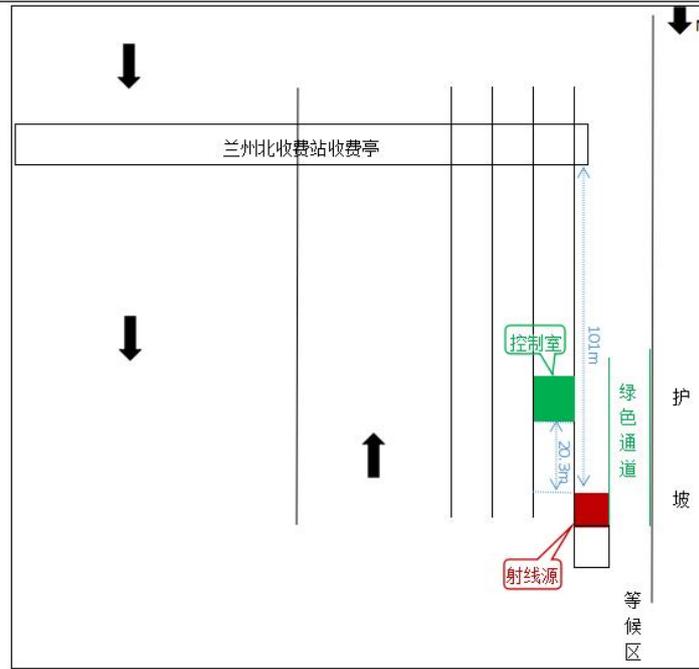
安全引导员活动路径：开机前安全引导员位于绿色通道入口处，车辆检查系统扫描期间，引导员位于等候区，并时刻观察，防止有人误入扫描控制区和监督区内。

控制室内操作人员与安全引导员通过对讲机进行联系，确保控制区内无人员进入，监督区内除被检车辆驾驶员外无其他人员进入的情况下方可出束检测。

受检车辆司机活动路径：受检车辆实行不停车检测，车辆按规定速度驶入绿色通道车辆检查系统，在位置感应系统控制下，确保司机驾驶位置已经驶离控制区后车辆检查系统才能出束，扫描结束后若为绿通允许车车辆驶离，若车辆装载货物不符合要求，则接受进一步人工复核检查，车辆驾驶员在整个检查过程中不下车。



a) 兰州东



b) 兰州北

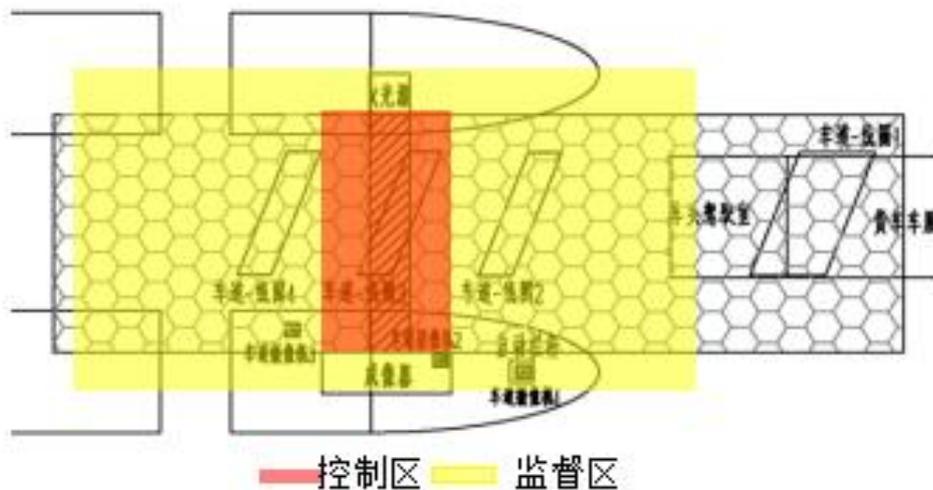
图10-1 兰州东、北收费站绿色通道检查系统布局图

10.1.2 分区原则和区域划分情况

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求, 应把辐射工作场所分为控制区和监督区, 以便于辐射安全管理和职业照射控制。

《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015)相关内容规定“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 2.5 μ Sv/h 的区域划定为监督区”, 并设置相应标识牌, 边界设置醒目的电离辐射警示标志。

本项目两区划分示意图、现状图见图 10-2。



a) 本项目两区划分示意图

目前,建设单位已参考《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015)相关内容对本项目场所进行了两区划分,划分情况如下:

(1) 控制区:辐射源室及有用线束区两侧距中心轴不小于 1m 的区域,并在控制区内有醒目的“控制区”字样,检查系统工作状态下任何人员不得进入控制区。

(2) 监督区:控制区两侧外 6.5m 内的区域,并在监督区内有醒目的“监督区”字样,检查系统工作状态下除受检车辆的司机和辐射工作人员以外的任何人员不得进入监督区。

待项目投入运行后,建设单位应利用自备的辐射检测仪对监督区距离进行复核,确保监督区边界处的周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。

兰州东、兰州北绿色通道车辆检查系统现场相关防护设施、措施等均一致,本次以兰州北为例给出现场两区划分现状,见图 10-2。



b) 本项目两区划分现状图(兰州北为例)

图10-2 检查系统两区划分示意图

10.2 辐射安全措施

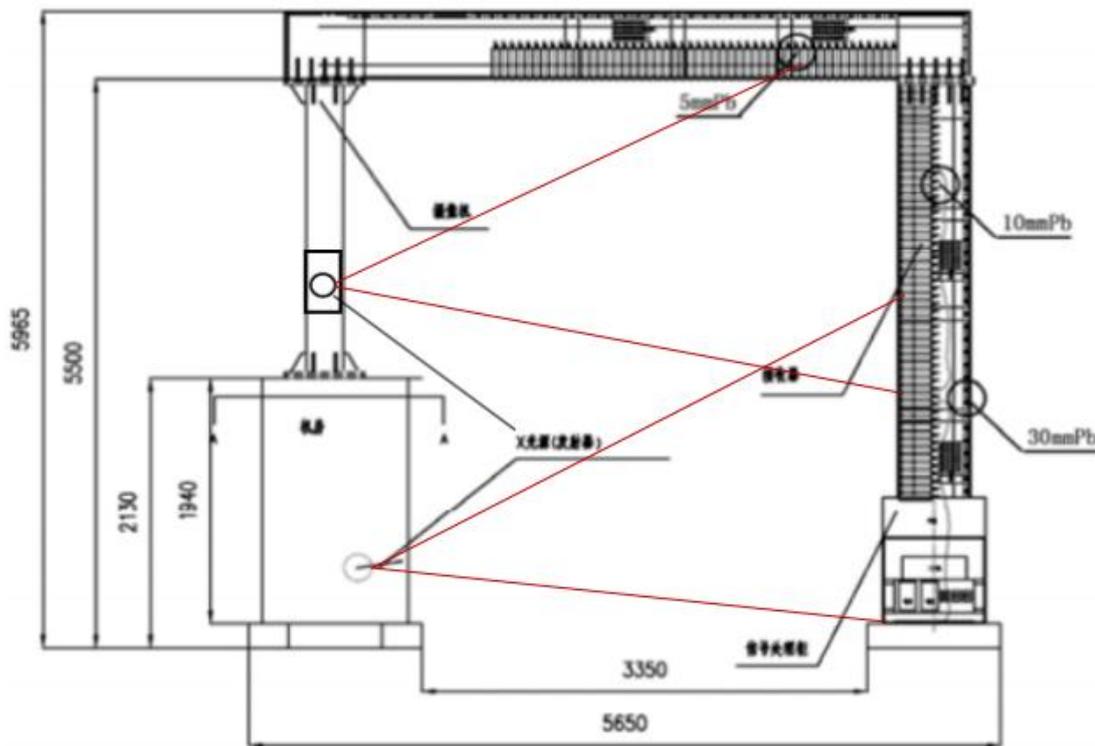
(1) 工作场所辐射防护屏蔽设计

a) X射线源室的相关辐射防护屏蔽设计如下:

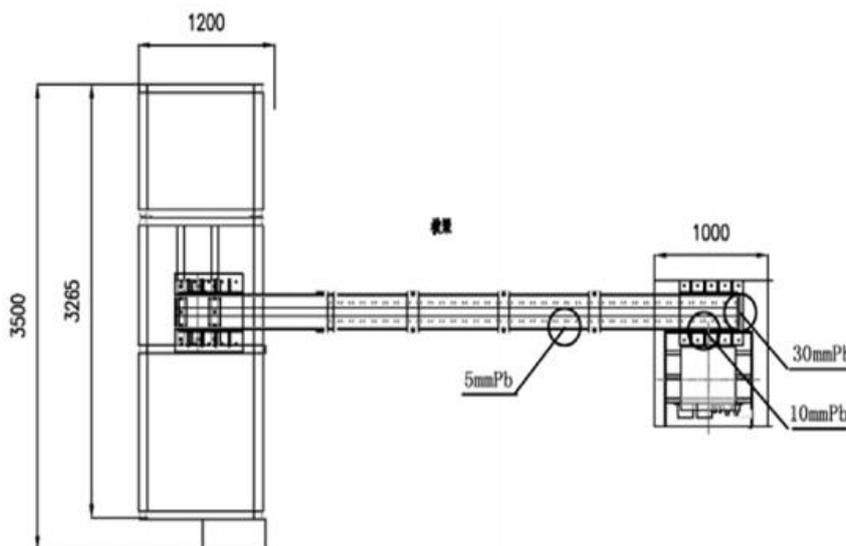
机柜尺寸: (3700×1100×1900) mm; 机柜内壁: 机柜相邻车道侧为 6mmPb 铅当量铅板, 其余侧均为 2mm 铅当量铅板; 准直器: 30mm 厚铅桶, 中心开 2mm 宽的均匀缝隙; 快门: 20mm 厚“L”型铅屏蔽快门。

b) 探测器子系统的相关辐射防护屏蔽设计

探测器子系统接收穿过被检物体后的射线, 探测器背面采用“J”型的铅板进行屏蔽, 铅板采用互相交错形式, 铅板的宽度约 655mm, 包括立柱部分和横梁部分。立柱背面采用 30mm 厚铅板, 立柱两侧防护采用 10mm 铅板进行屏蔽, 横梁防护采用 5mm 铅板。探测器屏蔽体的结构见图 10-3。



a) 探测器屏蔽示意图(主视图)



(b) 探测器屏蔽示意图(俯视图)

图10-3 探测器屏蔽体的结构见图

(2) 设备固有安全性

a) 系统自检

只有当车辆驶入检测区且司机驾驶舱驶过扇形射线束扫描区后, 由地面上的车辆自动感应系统感应后, 安全快门自动打开, 扇形射线束射出, 货车在扇形束中移动, 射线束对整个车体扫描。

b) 自动训机设置

检查系统设计连续 X 光出束时间不能超过 10s, 定时进入训机状态, 需重新启动系统, 才能继续工作。

c) 车辆位置感应系统

由 4 个地面感应线圈组成, 负责检测车辆位置, 并保证系统协调、安全工作。

d) 其他固有安全性能

系统受到意外撞击损坏时, X 光发射装置自动停止工作; 系统自动检测到车道停车或者坏车时, X 光发射装置自动停止工作。

(3) 安全联锁装置

a) 自动联锁

主控台设有钥匙开关联锁, 只有钥匙插入并处于“工作”位置时, X 射线机才能发出 X 射线。系统设计有自动联锁装置, 当发生故障时, 自动切断高压, X 射线停止出束, 有效的避免了工作人员或者公众受到额外照射。当地面感应系统未感应到车辆通过时, 设备不能被正常启动, 并且在终端显示故障具体情况。

b) X 射线安全快门

在 X 射线管出束窗口装有铅屏蔽的安全快门，当 X 射线出束时如果快门没有打开，X 射线是完全封闭在射线管内的；在运行时，车头避让器检测到车辆驾驶室驶过 X 射线出束窗口后，安全快门打开，X 射线出束开始扫描车厢，当车辆驶离检测区后，安全快门关闭，X 射线同时停止出束，保证驾驶员的安全，详见图 10-4。

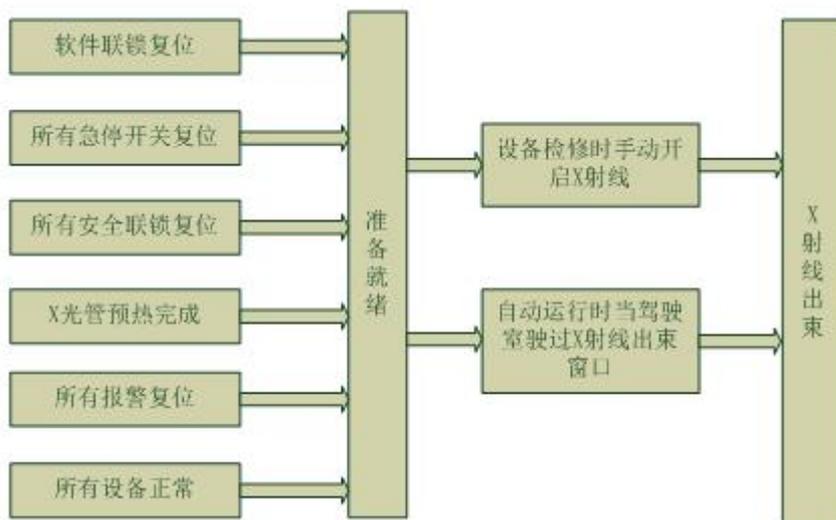


图10-4 X射线安全快门联锁工作示意图

(4) 紧急止动开关

机柜和配电箱上装有高压电源、油冷机、射线探测器等设备有故障报警信号，在操作台上设置了 1 个急停开关，操作软件主界面上有急停按钮，这些报警信号都与硬件相连，任何一个异常都会切断高压电源的供电停止 X 射线出束，主控器会监测所有这些异常报警信号，将报警原因显示在操作软件上。紧急止动开关能够在紧急情况下切断 X 射线对环境的影响。

(5) 视频监控装置

系统设计有车牌自动识别系统，包括视频监控装置等，嵌入式、一体化的结构、照明、图像抓拍、识别算法集成，止动识别系统能有效的识别记录车牌，人员活动等信息。系统安装防盗报警系统，对检查系统实施 24 小时监控。本项目车辆检查系统共设置 3 个摄像头、1 个车牌识别系统，显示屏位于控制室控制界面上。

检查系统辐射工作场所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。通过以上安全联锁系统能够有效的避免射线误照射。

(6) 安全警示标志、警示系统

a) 安全警示标志

在检查系统检查车道入口处，辐射源箱体表面设置了醒目的电离辐射警示标志，警示周

围人员不得靠近。

b) 警示系统

在检查系统门架上安装一组绿、红、黄三色出束警灯和警铃。当系统接通电源时, 绿色警灯亮; 当 X 射线机准备出束时, 黄色警灯亮、警铃响; 当 X 射线机出束时, 红色警灯亮、警铃响。

(7) 语音广播设备

在检查系统操作台上设置了语音广播设备, 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。

(8) 两区控制措施

建设单位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; 控制区两侧 6.5m 的区域划为了监督区, 监督区边界周围剂量当量率满足不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(9) 有司机驾驶的货运车辆的检查系统的附加要求

检查系统应设置避让及保护措施, 避免司机受到有用线束照射。这些措施应包括:

a) 引导员首先告知货车驾驶员可能所受的辐射危害, 由货车驾驶员决定是否使用车辆检查系统, 或者采用人工查验的方式通过。

b) 判断进入检查通道是否为车辆的设施, 只有允许类型的被检车辆进入时, 控制室操作人员才按照检查流程开启检查系统, 行人或其它车辆进入绿色通道时, 检查系统快门关闭, 射线不能出束。

c) 设置了车辆位置自动探测设施, 由 4 个地面感应线圈组成, 负责检测车辆位置, 控制检查流程并确保受检车辆司机驾驶位置已经驶离控制区后系统才能出束。

d) 设置了车速自动探测、停车、倒车保护设施, 车辆需要倒车重新扫描时, 必须在倒车前先按控制系统键盘的“暂停”键, 等待车辆倒车至栏机前面后, 再按控制系统键盘的“继续”键, 对车厢进行重新扫描, 暂停期间射线不出束。车厢扫描过程中, 若车辆出现故障无法前进时, 按下控制系统键盘的“暂停”键, 等待车辆驶离车道后, 再按控制系统键盘的“继续”键恢复系统的使用。在下班或换岗时, 按下控制系统键盘的“交班”键退出到控制系统的登录界面, 等待接班人员输入用户名和密码登录后进行检测。

d) 出束时间保护措施: 一般出束时间设置位 10s, 检查系统连续出束时间达到预定值时自动停止出束。

e) 警示标识

本项目辐射工作场所设置了如下醒目的警示标识:

①可检车型或禁检车型的警示: 提醒和正确引导司机, 可检车辆正常通行, 其他车辆禁

止通行;

- ②限速标识: 明确车辆通行速度的上限和下限;
 - ③保持车距警示: 提醒待检车辆司机与前车保持一定距离, 避免意外情况发生;
 - ④“禁止停车、禁止倒车”、“禁止箱内有人”等警示: 警示司机防止货箱内人员被误照射;
 - ⑤禁止穿行警示: 禁止无关人员穿行或随车进入检查通道。
- f) 有车辆正在检查时, 后面车间禁止进入检查系统
- g) 系统受到外力作用装置后, 及时进行检修, 在检修合格前不得使用。
- h) 安全引导员在监督区外进行引导, 射线装置运行时不得进入监督区。

本项目通过工作场所布局、两区划分、设备自身的辐射防护屏蔽设计、设备固有安全性、安全连锁装置、紧急止动开关、安全警示标志、警示系统等辐射防护措施进行辐射安全防护, 能够满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015) 提出的防护要求。





图10-5 现场辐射安全与防护设施图(兰州东为例)

(9) 人员的安全与防护

①辐射工作人员

辐射工作人员主要为车辆检查用 X 射线装置的操作人员及安全引导人员。主要从以下几方面采取防护措施:

屏蔽防护: 操作人员及安全引导人员通过车辆检查系统自有屏蔽和增加距离方式, 以减弱或消除射线对人体的危害。

个人剂量监测: 操作人员及安全引导人员应配个人剂量报警仪和个人剂量计。

佩戴要求: 在从事车辆检查期间个人剂量计应在胸前佩戴, 个人剂量报警仪应保持开机状态。当辐射水平达到设定的报警水平时, 剂量报警仪会发生声光报警, 及时提醒工作人员注意安全。个人剂量计用于记录受照剂量, 建设单位应定期(每季度一次)将个人剂量计送有资质单位进行检测, 检测结果存入个人剂量档案。

②公众的辐射安全防护

公众主要依托车辆检查用 X 射线装置自有屏蔽措施屏蔽射线。同时, 辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理, 在监督区边界处设置明显可见的电离辐射警告标志, 禁止人员及其他社会车辆进入, 以增加公众与射线之间的防护距离, 避免受到不必要的照射。

10.4 三废的治理

(1) 固废

本项目射线装置采用数字化终端成像系统, 电脑成像, 无洗片过程, 不会产生废弃 X 光片, 设备维修更换的废旧 X 射线管、由设备厂家回收处置。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾建设单位进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。

(2) 废水

该系统采用数字化终端成像系统, 完成扫描后立即在显示终端上显示, 不涉及使用定影液、显影液。

工作人员办公及生活设施利用收费站办公及生活设施。

(3) 废气

X 射线装置在出束过程中会电离空气中的氧气产生臭氧。本项目的环境为室外, 且产生的臭氧量很小, 并且由于臭氧的化学性质活泼, 因此产生的臭氧的环境影响可以忽略不计。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期已结束,经工程分析,施工期的环境影响主要为施工扬尘、施工废水、施工噪声、施工固废及施工人员生活废水、垃圾对周围环境的影响。

本项目施工期采取了相应的污染治理措施,施工期及施工结束后未收到相关环境污染投诉,未造成区域环境污染。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目在兰州东、兰州北收费站绿色通道分别建设一套 MIX500N 绿色通道车辆检车系统,该系统使用 X 射线机作为辐射源,该 X 射线机的最高管电压 200kV,最高管电流 2.5mA。本项目营运过程中产生的环境影响主要是系统检查过程中产生的 X 射线造成的辐射影响。

(1) 辐射屏蔽预测分析

本项目使用的检查系统为固定式、有人员驾驶的车辆检查系统,且在开放式场所使用,其工作原理类似于工业探伤,因此参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014)的估算方法分析该项目运行时对周围环境的影响。

根据设计单位提供资料,MIX500N 绿色通道车辆检查系统探测器门架采用铅板进行 X 射线屏蔽,探测器立柱背面采用 30mm 铅板,两侧采用 10mm 铅板进行屏蔽,铅板采用互相交错形式,横梁部分采用 5mm 铅板互相交错的方式,详见图 11-1 (a、b)。

本项目兰州东、兰州北绿色通道设备由同一厂家(北京曼德克环境科技有限公司)供应,其射线源型号、相关参数、屏蔽措施、设备现场布局等均一致,因此本次理论估算以兰州北收费站为例进行。

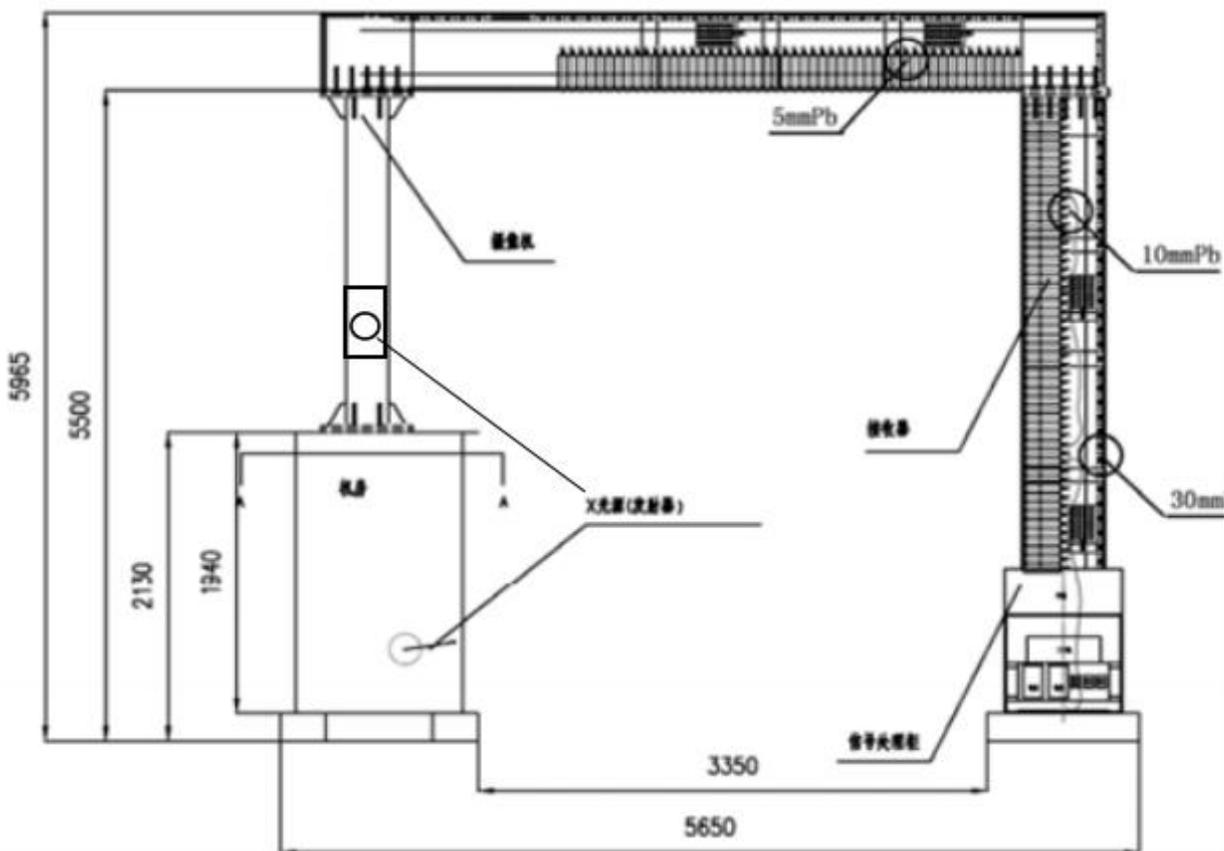


图 11-1 (a) 探测器屏蔽示意图(主视图)

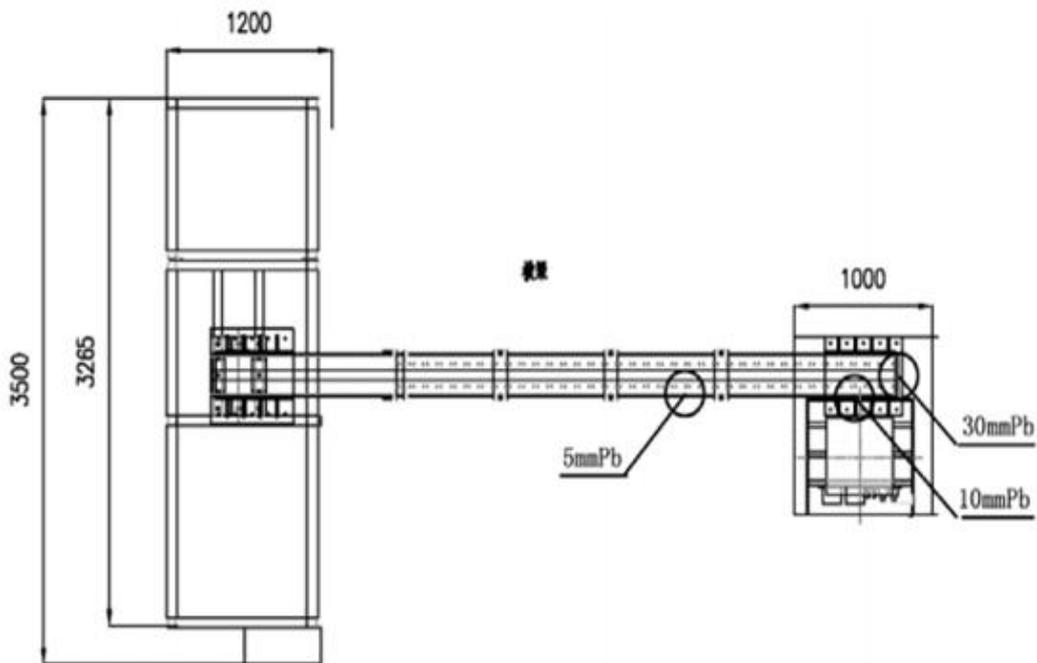


图 11-1 (b) 探测器屏蔽示意图(俯视图)

a) 关注点

根据检查系统的布局及人员可能活动的区域,关注点选取照射反方向 X 射线机柜后侧 1m 处(对相邻车道通过车辆人员的影响)、探测器背后 0.3m 处、栏杆处(对后面车辆人员的影

响)、车头驾驶位(对受检车辆司机的影响)及控制室(对工作人员的影响)处共 5 个点位,其中探测器背后 0.3m 处仅考虑主射束的影响,其余关注点考虑泄露和散射的影响。关注点分布见图 11-2。

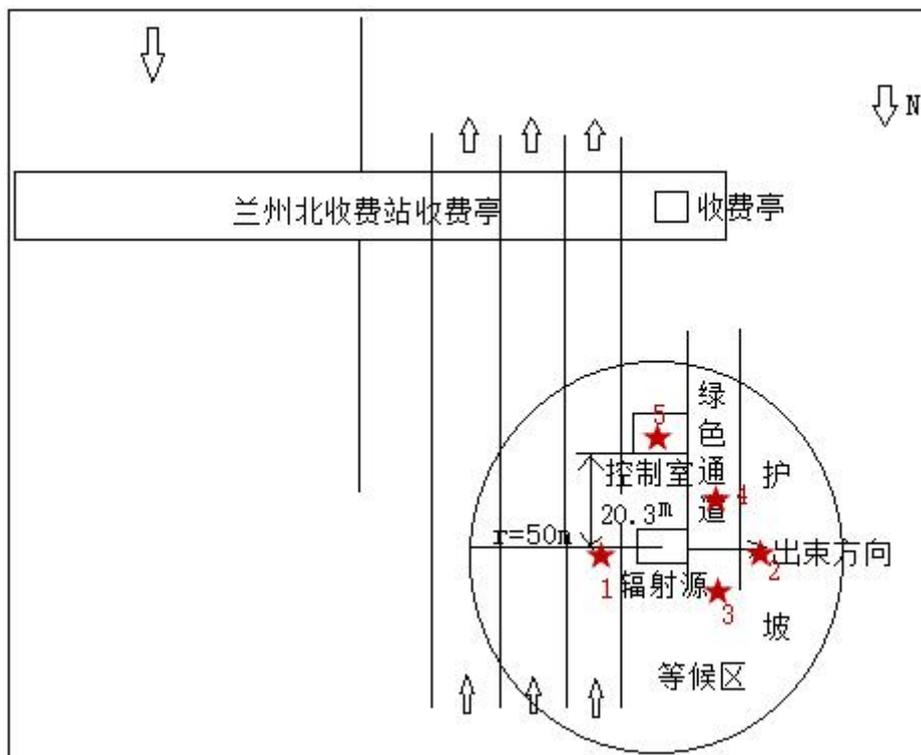


图 11-2 理论预测关注点分布图(以兰州北为例)

b) 关注点剂量率估算

由于部分绿色货运车辆外侧可能是篷布结构,因此主射方向探测器一侧不考虑车身结构的屏蔽作用,同时绿色货运车辆可能装在密度较低、缝隙较大的蔬菜,因此理论估算不考虑装载货物的屏蔽作用。

①有用线束

根据本项目车辆检查系统的屏蔽设计参数,由公式 11-1 可估算处 2#关注点处的剂量率 H (uSv/h), 估算结果见表 11-1。

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

式中:

I—X 射线机的最大管电流, 本项目为 2.5mA;

Ho—距靶1m处的输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 本项目探伤机过滤条件为2mm铝, 由《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014) 中表B.1可知, $H_0 = 1.72 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

B—屏蔽透射因子;

R—辐射源至关注点的距离, m。

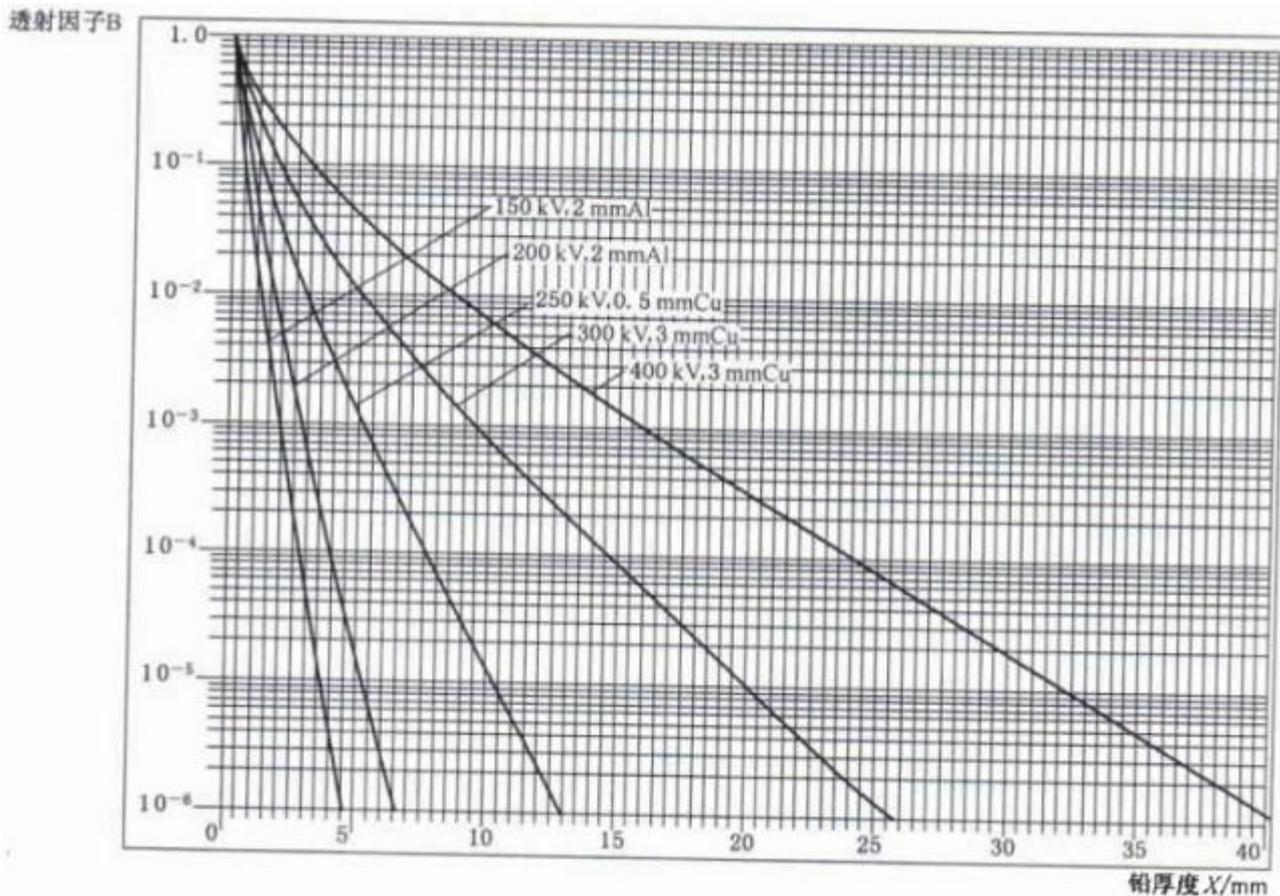


图 B.1 X 射线穿过铅的透射

图 11-3 X 射线穿过铅的透射图

表 11-1 2#关注点处辐射剂量率估算表

关注点	位置	辐射类型	屏蔽厚度 (mm)	屏蔽透射因子	距离 (m)	剂量率 (μSv/h)
2#	探测器背后 0.3m 处	有用线束	30	<10 ⁻⁶	5.3	1.53×10 ⁻²
		有用线束	30	<10 ⁻⁶	5.3	1.53×10 ⁻²
		合计				

②泄露辐射

根据公式 11-2 可估算出泄漏辐射在 X 射线机柜前面板的透射因子 B

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (\text{公式11-2})$$

式中:

X—给定屏蔽物质厚度, 2mmPb;

TVL—什值层厚度, 1.4mm, 见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014)

中表B.2。

根据公式11-3可估算出3#关注点(栏杆处)、4#关注点(车头驾驶位)处的泄漏辐射剂量率

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{公式11-3})$$

式中:

\dot{H}_L —距靶1m处X射线管组装体的泄露辐射剂量率, $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$, 见GBZ/T250-2014表1。

估算结果见表11-2。

表 11-2 关注点处泄漏辐射剂量率估算表

关注点	位置	辐射类型	屏蔽厚度 (mm)	屏蔽透射因子	距离 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	X射线机柜后侧1m处	泄漏辐射	6	5.18×10^{-5}	1	0.258
3#	栏杆处(等候区)	泄漏辐射	2	3.73×10^{-2}	15	0.828
4#	车头驾驶位处	泄露辐射	2	3.73×10^{-2}	2.8	23.8
5#	控制室	泄露辐射	2	3.73×10^{-2}	20	0.466

注: 计算结果为2台射线机的叠加影响。

③散射辐射

由公式 11-4 可估算出射线经被检车辆散射后的辐射剂量率。

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

式中:

F— R_0 处的辐射野面积, 有设备厂家提供的资料, 取值 0.008m^2 ;

α —散射因子, $1.9 \times 10^{-3} \times 10000/400 = 0.05$, 见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》

(GBZT250-2014) 中表B.3。

R_0 —辐射源点距被检车辆的距离, 根据现场实测, 取值1.7m;

R_s —被检车辆至关注点的距离, m。

表 11-3 关注点处散射辐射剂量率估算表

关注点	位置	辐射类型	屏蔽厚度 (mm)	屏蔽透射因子	R_s (m)	R_0 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	X射线机柜后侧1m处	散射辐射	10	1.0×10^{-2}	2.7	1.7	1.63
3#	栏杆处(等候区)	散射辐射	10	1.0×10^{-2}	15	1.7	5.29×10^{-2}
4#	车头驾驶位处	散射辐射	10	1.0×10^{-2}	2.8	1.7	1.52
5#	控制室	散射辐射	10	1.0×10^{-2}	20	1.7	2.98×10^{-2}

注: 计算结果考虑了2台射线机的叠加影响。

④总剂量率

由上述①~③可知各关注点处的总辐射剂量率见表 11-4。

表 11-4 关注点处总辐射剂量率估算表

关注点	位置	有用线束	泄露辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	X射线机柜后侧 1m 处	/	0.258	1.63	1.89
2#	探测器背后 0.3m 处	3.06×10^{-2}	/	/	3.06×10^{-2}
3#	栏杆处(等候区)	/	0.828	5.29×10^{-2}	0.881
4#	车头驾驶位处	/	23.8	1.52	25.3
5#	控制室	/	0.466	2.98×10^{-2}	0.496

由表 11-4 可知:

(1) 本项目检查系统正常工作时, X 射线机柜后侧 1m 处、探测器背后 0.3m 处、栏杆处(等候区)处的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 均满足《货物车辆辐射检查系统的防护要求》(GBZ143-2015)中 6.3.1 的相关规定, 即“检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

(2) 控制室内的周围剂量当量率为 $0.496\mu\text{Sv/h}$, 满足《货物车辆辐射检查系统的防护要求》(GBZ143-2015)中 6.3.3 的相关规定, 即“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 $1.0\mu\text{Sv/h}$ ”。

11.3 职业人员、公众、驾驶司机年有效剂量估算

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当量按下列公式计算:

$$H_{E,r} = D_r \times t \times 1 \times 10^{-6} \text{ mSv} \quad (\text{公式 11-5})$$

式中:

$H_{E,r}$ —X 射线外照射人均年有效剂量当量, mSv;

D_r —X 射线空气吸收剂量率, nGy/h;

t—年照射时间, 小时;

1—剂量换算系数, Sv/Gy, 取 1。

根据建设单位预估, 本项目建成运行后, 全年不间断使用, 兰州东、兰州北收费站绿色通道平均每年检查车厢数量均约 25 万辆。每次出束时间不超过 10s, 则全年出束时间最大为 2500000s, 即 694h。

建设单位拟为本项目(兰州东、兰州北收费站绿色通道检查系统)各配备 6 名工作人员, 工作人员分为 3 个班次, 每班次 2 人。则每名工作人员年操作时间为 231h。

(1) 对 X 射线机操作人员的剂量估算

由表 11-4 理论估算结果,根据公式 11-5 估算本项目运行时对操作位工作人员造成的附加年有效剂量为 $496\text{nSv/h}\times 231\text{h}\times 1\times 10^{-6}=0.115\text{mSv}$ 。

(2) 对安全引导员和等候区公众的剂量估算

本项目兰州东、兰州北收费站绿色通道检查系统控制室分别位于辐射源箱北、南侧 20.3m 处,安全引导员分别位于辐射源箱南、北侧 50m 内,控制室和等候区均位于监督区外,以《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015)中规定的检查系统监督区边界处的剂量率限值 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 保守进行本项目安全引导员和其他公众人员所受的辐射剂量估算。

根据公式 11-5 估算可知,本项目运行后对安全引导员造成的附加年有效剂量最大为 $2500\times 231\times 1\times 10^{-6}=0.578\text{mSv}$;公众活动的区域均在监督区以外,且基本无固定的活动人员,驻留因子取 $1/16$,则本项目运行后对公众造成的附加年有效剂量最大为 $2500\times 694\times 1/16\times 10^{-6}=0.108\text{mSv}$ 。

(3) 对最近公众的剂量估算

最近公众为 X 射线机柜后侧 1m 处相邻车道通过车辆人员,由表 11-4 理论估算结果,根据公式 11-5 估算本项目运行时对最近公众造成的附加年有效剂量为 $1890\text{nSv/h}\times 694\text{h}\times 1/16\times 10^{-6}=0.082\text{mSv}$ 。

综上,本项目正常运行时,工作人员(X 射线机操作人员、安全引导员)和公众(最近相邻车道、等候区公众)受到的附加年有效剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对工作人员要求的剂量限值 20mSv 和本报告表执行的剂量约束值 5mSv 及对公众要求的剂量限值 1mSv 和本报告表执行的剂量约束值 0.25mSv 的要求。

上述估算仅是理论推算,实际应用时,工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量剂检测结果为准。

根据设计单位提供资料,该系统通过地面感应线圈和 X 射线安全快门的联动工作保证受检车辆司机的安全,当通行车辆压到地面感应线圈 3 时,车头此时已经通过监测区域,检查系统发出束指令 X 射线机启动高压产生 X 射线,接着检查系统打开 X 射线安全快门对货车车厢进行扫描。随着车辆继续前进,距离增大,司机位的受照射剂量率逐渐降低,直到快门关闭,这一过程约 10s。

(4) 对驾驶司机的剂量估算

驾驶位处的周围剂量当量率为 $25.3\mu\text{Sv/h}$,X 射线机每次出束时间最长为 10s,根据最不利情况计算,驾驶员位置一次通过的周围剂量当量为 $0.07\mu\text{Sv}$,满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015)“对于有司机驾驶的货运车辆的检查系统,驾驶员一次通过的周围剂量当量应不大于 $0.1\mu\text{Sv}$ ”的限值要求。

假设一名司机一个月通过该车道 30 次,一年共 360 次,则该司机的年受照剂量为 $2.52 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。

综上,将本项目正常运行所致工作人员及公众的最大附加年有效剂量列表如下:

表 11-6 本项目正常运行致工作人员及公众年有效剂量一览表

对象	所受附加年有效剂量 (mSv)	管理约束值 (mSv)
操作室 X 射线机操作人员	0.115	5
安全引导人员	0.578	5
等候区公众	0.108	0.25
最近公众(相邻车道)	0.082	0.25
货车司机	2.52×10^{-2}	0.25
货车司机	0.07 μSv /次	0.1 μSv /次

由表 11-6 可知,本项目运行时对工作人员及公众的附加年有效剂量均满足本次评价标准(工作人员 5mSv/a,公众 0.25mSv/a)。

11.4 射线装置安装、调试期间辐射影响分析

调试期间的环境影响因素主要为 X 射线,本项目 X 射线装置安装和调试工作已完成,相关工作均由生产厂家专业人员进行操作。经咨询了解,在安装调试阶段,加强辐射安全防护管理,安全联锁装置、紧急止动开关、视频监控装置、语音广播设备、安全警示标志、警示系统等辐射安全与防护设施均落实到位,调试时间尽量选择在了车流量较少的时间段进行,期间未发生安装调试人员及公众辐射照射事故。

11.5 非辐射环境影响分析

X 射线装置在出束过程中会电离空气中的氧气产生臭氧。本项目的环境为室外,且产生的臭氧量很小,并且由于臭氧的化学性质活泼,因此产生的臭氧的环境影响可以忽略不计。

11.6 事故影响分析

(1) 事故分级

依据《甘肃省人民政府办公厅关于印发甘肃省辐射事故应急预案的通知》(甘政办发〔2022〕13 号)事故分级要求,根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素,从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级,见表 11-7。

表 11-7 辐射事故分级

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I、II类放射源丢失、被盗、失控并造成大范围严重辐射污染后果;放射性同位素和射线装置失控导致 3 人及以上急性死亡;放射性物质泄漏,造成大范围辐射污染后果。

重大辐射事故	I、II类放射源丢失、被盗、失控;放射性同位素和射线装置失控导致3人以下急性死亡或者10人及以上急性重度放射病、局部器官残疾;放射性物质泄漏,造成较大范围辐射污染后果。
较大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致10人以下急性重度放射病、局部器官残疾;放射性物质泄漏,造成小范围辐射污染后果。
一般辐射事故	IV、V类放射源丢失、被盗、失控;放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射;放射性物质泄漏,造成局部辐射污染后果。

根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲,北京:原子能出版社)急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系(表11-8):

表11-8 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.45	90
2.00	99	5.50	99

(2) 可能发生的辐射事故

根据本项目工作原理可知,绿色通道检测系统只有在设备运行出束时才会产生X射线,不开机出束不产生辐射。运行期间最大可能发生的事故有:

- a) 管理不善,运行期间人员误停留在绿色通道车辆检查系统附近,造成人员意外剂量照射。
- b) 自然灾害和人为原因引起的误照事故,主要是在车辆失控撞击等原因引起绿通快检系统辐射防护措施失灵或设备机械故障导致辐射事故发生。
- c) 设备机械故障,相关安全联锁不能正常运行,受检车辆停留在检测位致使司机直接受到超剂量的X射线照射。
- d) 维修工程师在检修期间误开机,造成辐射伤害。

(3) 事故工况辐射影响分析

①安全联锁装置失效,致使车辆驾驶员意外受到照射

根据本项目检查系统的工作方式可知,本项目可能发生的最大辐射事故是相关联锁均不

能正常运行,受检车辆停留在检测位致使司机直接受到 X 射线照射。假设驾驶位正处于 X 射线机出束面上,即有用线束直接照射司机人员,由工作场所的实际布局可知,司机距离辐射源的直线距离约 1.7m,检查系统距离辐射源点(靶点)1m 处主射束剂量 $1.72 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$,在不考虑任何屏蔽衰减的前提下,可计算出事故状态下司机位处的受照辐射剂量达到 $5.95 \times 10^5 \mu\text{Gy/h}$ 。该检查系统的安全系统强制设置了 X 射线机的出束时长不超过 10s/次,高压电源控制器中有计时器控制射线的出束时间,无论安全联锁装置是否损坏,射线连续出束达到 10s 后自动停止射线,只有高压电源故障时计时器才不工作,当然此时也不会有射线出束,因此该检查系统发射出一次 X 射线后 10s 内会自动关闭,并需要收费亭的工作人员通过确认并按一次控制系统的确认键后才能继续进行一下检查,下一次出束才可能发生,所以可估算出发生最严重辐射事故时司机在检查通道中被 X 射线直接照射 10s 所接受的剂量约 1.65mSv。

(4) 事故防范措施

要避免误照事故的发生及发生后能采取立即采取有效防范措施,建设单位需做好以下防范措施:

- a) 定期仔细核查安全联锁、紧急止动装置监视与警示装置,确定其处于正常状态。
- b) 加强辐射安全管理,严格禁止无关人员进入控制区,杜绝检测误照事故的发生;可能进入监督区的工作人员必须佩戴个人剂量计。
- c) 严格遵循每次检测前清场制度,在确保控制区内无人的前提下方可进行检测作业。
- d) 检查系统准备启动和工作中,操作人员应密切注视控制台和监视器,以便在发生异常情况时及时关断射线出束或停机,防止事故发生。
- e) 检查系统发生故障而紧急停机后,在未查明原因和维修结束前,不得重新启动辐射源。
- f) 检查系统停止运行时,操作人员应取走主控钥匙并妥善保管。未经许可不得使用检查系统。
- g) 检修人员进入辐射源室、探测器室、检查通道、检查系统护栏内时,除佩戴个人剂量计外,还必须携带个人剂量报警仪。
- h) 调试和维修时,应保证切断辐射源出束状态,必须先将主控钥匙拔下,并由调试和维修人员带走。工作结束后,再将该钥匙交给操作人员。
- i) 调试和维修必须解除安全联锁时,需经负责人同意并通告有关人员。工作结束后,先恢复安全联锁并经确认系统正常后再行使用。
- j) 辐射工作场所应设置醒目的警示标识。

(5) 应急措施

为了杜绝上述事故的发生,要求建设单位应严格执行以下风险预防措施:

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查,制定各项管理制度并严格按照要求执行,对发现的安全隐患立即进行整改,避免事故的发生。

(2) 建设单位制定《绿色通道车辆检测系统操作规程》,并做到“制度上墙”(将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置)。在检测作业时,至少有2名操作人员同时在场,操作人员应严格按照操作规程进行操作,并做好个人的防护。

(3) 定期检查绿色通道检测系统的连锁装置、急停开关等,确保其正常运行。每月对绿色通道检测系统的安全装置进行维护、保养,对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

(4) 加强辐射工作人员的管理。所有辐射工作人员需参加辐射安全与防护知识培训,并考核合格持证上岗。加强辐射工作人员的业务培训,防止误操作,以避免工作人员和公众受到意外辐射。

(5) 加强控制区和监督区管理,在绿色通道检测系统运行期间,加强对监督区的管理,限制公众在监督区滞留。

(6) 制定辐射事故应急预案,并定期组织应急演练,提高紧急状态下应变能力。

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**

为做好辐射安全与防护管理工作,防止辐射污染环境,保障放射性工作人员及公众的健康,减少人为因素导致人员意外照射事故的发生,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相应的规定,遵照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求,建设单位已成立了辐射安全与防护管理领导小组,并制定了相应的辐射安全管理制度。

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第 16 条第一款要求,使用Ⅱ类射线装置的,应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

目前,建设单位已成立辐射安全与防护管理领导小组,其主要职责是:

- (1) 贯彻执行国家辐射安全与环境保护各项法规相关文件精神;
- (2) 负责本单位辐射安全与环境保护管理;
- (3) 组织制定本单位辐射安全与环境保护管理办法,做好管理工作;
- (4) 组织人员参加辐射安全与环境保护培训及应急演练。
- (5) 安排辐射工作人员按时参加辐射安全和防护知识培训和考核。
- (6) 检查辐射安全设施,开展辐射安全环保监测,对射线装置的安全与防护情况进行年度评估;
- (7) 实施辐射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作;
- (8) 定期向环保和主管部门报告安全工作,并接受检查指导。

12.2 人员配备与职能

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款要求: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;《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条要求:生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位,应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训,并进行考核;考核不合格的,不得上岗。

建设单位拟为兰州东、兰州北收费站绿色通道检查系统各配备 6 名工作人员。建设单位承诺本项目投入运行前,所有辐射工作人员及辐射安全管理均通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(网址: <http://fushe.mee.gov.cn>) 免费学习辐射

安全和防护专业知识及相关法律法规的培训,并参加考核,持证上岗。

12.3 辐射防护设施、设备及防护用品和监测仪器

目前,建设单位为兰州东、北收费站绿色通道检查系统分别配备了1台便携式X/γ辐射检测仪和3台个人剂量报警仪,所配检测设备与本项目辐射类型和水平相适应。

建设单位还需配备与工作人员数量匹配的个人剂量计。

在具体的工作中建设单位还需做到:

(1) 定期对本项目工作场所及周围区域采取自主和委托的方式进行X-γ辐射剂量率监测,一旦发现X-γ辐射剂量率偏高,应及时查找原因,完善辐射防护措施;

(2) 根据不同车型,定期复核监督区边界,确保检查系统监督区边界处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$;

(3) 辐射工作人员上班时必须佩戴个人剂量计,未佩戴不能上岗;

(4) 定期委托有资质的单位对辐射工作人员进行个人剂量监测;

(5) 从事放射工作的人员须按照《职业性外照射个人监测规范》(GB128-2019)的要求佩戴个人剂量计。

12.4 辐射安全管理规章制度

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第六款要求:从事放射性工作的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等;第七款要求:有完善的辐射事故应急措施。目前,建设单位已成立《辐射安全与防护管理领导小组》(兰高路发〔2020〕565号文),并制定了《辐射工作人员岗位职责》、《X射线机安全操作规程》、《射线装置保养维护制度》、《辐射工作场所监测制度》、《个人剂量检测管理制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射事故应急预案》,《辐射防护与安全保卫管理制度》、《个人剂量档案和职业健康监护档案管理制度》等规章制度,在实际工作中,应按照相关法律法规及实际工作经验不断细化完善,使之具有可操作性。在取得《辐射安全许可证》,且通过项目竣工环境保护验收合格后方可正式投入使用。

表 12-2 辐射安全规章制度一览表

序号	制度名称	内容概要	制定情况	完善措施或建议
1	《辐射安全与防护管理领导小组》	成立辐射安全与防护领导小组,明确了领导小组成员、专职人员及职责	已成立	在实际工作中辐射安全与防护领导小组要加强管理,切实履行自己的职责义务
2	《甘肃省兰州高速公路处辐射事故应急预案》	明确了应急指挥部成员、职责及处理流程	需完善	应急预案内容应包括:总则、应急组织与职责、信息报告、辐射事故应

				急程序、应急终止和恢复正常秩序、信息通报与发布、应急响应总结报告、应急准备等详细内容,并定期开展应急演练,结合实际不断完善
3	《辐射防护与安全保卫管理制度》	正确使用射线装置,做到专人专管专用;从事射线装置岗位人员,要严格按照操作规程和规章制度,杜绝非法操作;发生放射事故,立即报告上级领导和有关部门,采取有效措施,不得拖延或者隐瞒不报;使用射线装置工作人员必须经过岗前体检,并经过辐射安全防护培训,持证上岗等	已制定	在实际工作中落实到位
4	《辐射工作人员培训管理制度》	坚持组织学习,及时安排辐射工作人员参加辐射安全与防护培训,并参加考核,持证上岗	已制定	严格落实培训制度,做到持证上岗
5	《辐射工作场所监测制度》	明确了检测类别、范围、项目、频次、点位等内容	已制定	按制度进行,做好监测记录,存档备查
6	《个人剂量检测管理制度》	明确监测周期、个人剂量计佩戴标准及检测结果超标的处理措施	已制定	严格落实制度内容
7	《个人剂量档案和职业健康监护档案管理制度》	明确责任部门和职责、档案内容、保存时间、保护档案不受损坏的措施	已制定	严格落实制度内容
8	《辐射工作人员岗位职责》	从基本要求、技术要求等方面规定人员岗位职责	已制定	工作中操作人员严格遵守岗位职责
9	《X射线机安全操作规程》	明确设备的操作流程,规定操作前、操作中、操作后各环节注意事项	已制定	实际工作中不断细化完善
10	《射线装置台账管理制度》	明确仪器名称、型号、管电压、输出电流、用途、使用登记和报废的射线装置处理措施、及时更新退役或新增设备的信息等内容	已制定	在实际工作中落实到位
11	《射线装置维护保养制度》	明确维护保养周期及保养记录等内容;规定X射线装置的使用环境、控制器及X射线发生器的维护保养注意事项	已制定	严格落实制度内容

12.5 辐射监测

根据国家相关法律法规的要求,开展辐射工作的单位应当对其设备工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测,以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安。建设单位需根据要求完善以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求定期对辐射工作人员进行个人剂量监测,建立职业照射个人监测档案并终生保存。

12.3.2 辐射环境监测

(1) 单位自检

利用自备的辐射剂量监测仪对绿色通道车辆检测系统工作场所及周围环境进行定期定制度监测, 做好记录并建立档案备查。

(2) 委托监测

委托有资质的单位定期(每年一次)对绿色通道车辆检测系统工作场所及周围进行辐射环境监测, 并建立监测技术档案。

(3) 监测要求

监测范围: 绿色通道车辆检测系统工作场所及周围环境。

监测项目: 周围剂量当量率。

监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

表 12-3 本项目检测计划建议表

项目	监测内容	监测点位	监测周期	
			建设单位 自检	委托检测
绿色通道车辆检测系统	周围剂量当量率	控制室、人员操作位、等候区、控制区边界、监督区边界、相邻车道及周围环境	1次/季	1次/年
	个人剂量	委托有资质的检测单位每3个月检测一次。		

12.6 年度评估报告

每年1月31日之前, 向发证机关提交上一年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》, 近一年(四个季度)的个人剂量监测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要内容。建设单位还需在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施申报登记。

12.7 辐射安全许可

本项目取得环评批复后, 建设单位应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部令第20号第四次修订, 2021年1月4日发布)第十六条要求, 准备相关资料, 向上级生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。

12.8 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》等法律法规要求在本项目竣工后, 及时开展竣工环保验收。验收合格后方可投入使用, 本项目环保验收清单建议见表12-4。

表 12-4 环保竣工验收一览表

序号	验收项目	处理设施	验收要求
1	辐射安全防护措施	安全措施(联锁装置、警示标志、工作指示灯等)	联锁装置、警示标志、工作指示灯等安全措施处于正常运行状态
2	人员配备	辐射安全与防护培训考核	本项目工作人员接受辐射安全防护教育和培训,持证上岗
		个人剂量检测	本项目工作人员按要求进行个人剂量监测并建立个人剂量档案管理制度
		个人职业健康体检	本项目工作人员按要求进行职业健康体检并建立职业健康监护档案
3	管理措施	本项目辐射安全与防护管理制度	根据本报告表表 12-2 要求,修改完善相关规章制度,满足《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》以及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等中的相应防护标准的要求
4	防护用品、监测仪器	个人剂量计	配备与工作人员数量匹配的个人剂量计
		个人剂量报警仪	兰州东、兰州北收费站辐射工作场所至少各配备 2 台报警仪
		辐射环境监测仪	配备与本项目辐射类型和辐射水平相适应的监测设备
5	两区管理	辐射工作场所监督区和控制区划分	严格执行两区划分
6	环境监测计划	辐射工作场所监测计划	按照报告表表 12-3 制定
7	应急措施	制定应急预案	制定可行的辐射事故应急预案,并张贴上墙
8	监测限值要求	/	检查系统监督区边界处的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h; 驾驶员一次通过的周围剂量当量应不大于 0.1 μ Sv; 检查系统控制室内的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h; 操作人员操作位置的周围剂量当量率应不大于 1.0 μ Sv/h。工作人员附加年有效剂量不超过 5mSv, 公众不超过 0.25mSv。

12.9 辐射事故应急

为有效防护、及时控制辐射事故所致的伤害,加强射线装置工作场所安全监测和控制等管理工作,保障辐射相关工作人员以及辐射工作场所周围人员的健康安全,避免环境辐射污染,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 449 号)、其它有关法律、法规的规定和职能管理部门要求,建设单位需结合自身实际制定《甘肃省兰州高速公路处辐射事故应急预案》。并结合本项目射线装置使用情况,依据国家相关法律法规、标准,不断对应急预案进行补充修改、完善,使应急预案更具有有效性、可行性。同时加强应急预案演练,提高事故应急处置能力。

对突发放射性事故,建设单位需坚持以预防为主,常备不懈的方针,建立和加强相应的监测、应急制度,做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。建设单位同时应具备应

急反应机制和应急处理能力,实现应急工作的科学化、规范化。建设单位应从经费、物资、人员和技术人员方面做好准备工作,定期进行培训,演练以应急时之需。辐射事故应急救援预案应对本报告表对事故分析情况,进行有针对性的补充完善。今后在预案的实施中,应根据国家发布的新的相关法律法规内容,结合检查工作的实际情况对预案做补充修改,使之更能符合辐射实际需要。

表 13 结论与建议

13.1 项目概况

名称: 连霍高速公路兰州东、兰州北收费站绿色通道车辆检查系统项目

性质: 已建

建设地点: 连霍高速公路兰州东、兰州北收费站

工程建设内容及规模: 2套 MIX500N 型绿色通道车辆检查系统, 各使用 2 台 X 射线机作为辐射源, 属于 II 类射线装置。

13.2 代价利益分析

13.2.1 产业政策符合性分析

本项目使用 X 射线对鲜活农产品运输车辆进行检测, 属于核技术在无损检测领域内的运用, 根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录(2021 年本)》相关规定, 属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“质量检测服务”, 符合国家当前的产业政策。

13.2.2 实践正当性分析

绿色通道检查系统通过产生的 X 射线对货物车厢扫描成像, 得到车厢内部不同密度物质的分布图像, 从而区分出货物是否满足绿色通道货车减免放行的目的。本项目通过对有司机驾驶的货运车辆的检查系统的附加要求明确引导员首先告知货车驾驶员可能所受的辐射危害, 由货车驾驶员决定是否使用车辆检查系统, 或者采用人工查验的方式通过”, 且本项目的辐射实践经过充分论证, 权衡利弊, 其带来的社会总利益大于为其所付出的代价, 同时加强对本项目的管理, 合理控制其运行对周围环境的影响, 使其实践所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。

13.3 选址合理性分析

兰州东、兰州北绿色通道车辆检查系统控制室与辐射源的直线距离均为 20.3m; 收费站最近收费岗距辐射源的直线距离均为 101m。兰州东收费站车辆检查系统主束方向侧为沟壑, 兰州北收费站检查系统主束方向侧为山坡, 均避开了相邻车道, 且项目周围 50m 范围内无常住居民, 相对空旷, 无环境制约因素, 检测过程中产生的电离辐射经屏蔽防护和距离衰减后, 对周围工作人员、公众及环境造成辐射影响很小, 不会造成危害, 故本项目选址合理。

13.4 工程所在地区环境质量现状

由表 8-3 检测结果可知, 本项目拟建场址室内 γ 辐射剂量率本底范围为(128~139)nGy/h, 室外 γ 辐射剂量率本底范围为(101~120)nGy/h, 与《2021 年全国辐射环境质量报告》中 2021

年甘肃省辐射环境自动监测站测得的 γ 辐射空气吸收剂量率年均值范围(97.9-118.2)nGy/h(未扣除宇宙射线响应值)相比,无显著差异。

13.5 本项目所致职业人员、公众及司机有效剂量

由表 11 中“11.3 职业人员、公众、驾驶司机年有效剂量估算”内容可知,本项目运行后对操作人员造成的附加年有效剂量为 0.115mSv;对安全引导人员造成的附加年有效剂量为 0.578mSv;对公众造成的附加年有效剂量最大为 0.108mSv。均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对工作人员要求的剂量限值 20mSv 和本报告表执行的剂量约束值 5mSv 及对公众要求的剂量限值 1mSv 和本报告表执行的剂量约束值 0.25mSv 的要求。

司机每通过一次检查通道,个人所受到的剂量最大为 0.07uSv,满足《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》(GBZ143-2015)“对于有司机驾驶的货运车辆的检查系统,驾驶员一次通过的周围剂量当量应不大于 0.1uSv”的限值要求。

13.6 辐射环境管理结论

建设单位已成立《辐射安全与防护领导小组文件》,并制定了《辐射工作人员岗位职责》、《X 射线机安全操作规程》、《射线装置保养维护制度》、《辐射工作场所监测制度》、《个人剂量检测管理制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射事故应急预案》,《辐射防护与安全保卫管理制度》、《个人剂量档案和职业健康监护档案管理制度》等规章制度,在实际工作中,需按照相关法律法规及实际工作经验不断细化完善,使之具有可操作性。

13.7 环境影响评价综合性结论

本项目符合国家产业政策要求,项目正常运行对周围环境产生的辐射影响在国家允许的标准范围内,符合环境保护的要求。因此,从辐射环境保护的角度分析认为本项目可行。

13.8 建议

(1) 每月对射线装置的安全联锁系统和安全设施进行检查、维护,定期对防护门闭合处进行检查,防止产生缝隙,导致射线从缝隙泄漏。

(2) 定期进行事故应急演练,检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性,不断的完善事故应急预案。

(3) 安排本项目辐射安全管理人员及未持证的操作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规培训,并参加考核,持证上岗。

(4) 本项目取得环评批复后,建设单位应尽快申请办理辐射安全许可证,及时开展竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:	
经办人:	公 章 年 月 日
审批意见:	
经办人:	公 章 年 月 日

