版次:B版

极低放废物治理项目 环境影响报告书

甘肃东方新环环境治理有限公司

二〇二〇年四月

极低放废物治理项目 环境影响报告书

建设单位名称: 甘肃东方新环环境治理有限公司

建设单位法人代表: 夏琳

通讯地址: 甘肃省酒泉市金塔县宝塔街

邮政编码: 735310 联系人: 张斌

联系电话: 13801065840

电子邮箱: zhangbin2015@orientscape.com

极低放废物治理项目

环境影响报告书编制人员名单表

建设项目名和			极低放废物治理项目		
建设项目类别	页目类别 50_187 放		以射性废物贮存、处理或处置		
环境影响评价	介文件类型		环境影响报告书		
一、建设单位	立情况				
建设单位		甘肃	甘肃东方新环环境治理有限公司		
统一社会信用	用代码		91620921MA74GY3L	4F	
法定代表人	(签章)		夏琳		
主要负责人	(签字)		张斌		
直接负责的	主管人员 (签字)		张斌		
二、编制单位	立情况				
单位名称(名	 签章)		中国辐射防护研究院	Ž.	
统一社会信用	用代码		121000004058003644	4	
三、编制人员	员情况				
1、编写主持	:人				
姓名	职业资格证书管理号		信用编号	签字	
赵杨军	12351443511140222		BH022672		
2、主要编制	人员				
姓名	姓名 主要编写内容		信用编号	签字	
赵杨军	前言、工程概况,环境影响、 结论与建议		BH022672		
王彦	环境质量现状、安全分析		ВН022677		
康晶	概述、场址环境、		BH023605		
杨洁	环境监测、环境经济效益分析		BH022673		

目 录

前	言	1
第	一章 概述	3
	1.1 编制目的	3
	1.2 项目概况	3
	1.3 项目建设的目的与必要性	3
	1.4 建设内容和规划	4
	1.5 编制依据	5
	1.5.1 国家法律法规和标准	5
	1.5.2 委托文件	6
	1.5.3 主要技术资料	6
	1.5.4 政府批文	7
	1.6 环境管理目标	7
	1.6.1 公众剂量管理目标值	7
	1.6.2 工作人员剂量管理目标值	7
	1.6.3 废物的设计接收限值	7
	1.6.4 含放射性核素废水排放限值	9
	1.7 非放环境管理目标	9
	1.7.1 环境质量标准	9
	1.7.2 污染物排放标准	10
	1.8 评价范围	11
第	二章 场址环境	12
	2.1 地理位置	12
	2.2 人口分布及饮食习惯	12
	2.2.1 各子区现有人口分布及年龄构成	13
	2.2.2 人口发展规划	13
	2.2.3 居民饮食习惯	14
,	2.3 社会经济和资源概况	16

2.3.1 社会经济	. 16
2.3.2 土地利用	. 16
2.3.3 矿产资源	. 18
2.3.4 交通运输	. 19
2.3.5 自然保护区和文物保护单位	. 20
2.3.6 生态环境状态	. 21
2.4 气象	. 21
2.5 水文	. 21
2.5.1 地下水	. 21
2.5.2 地表水	. 27
2.6 地质和地震	. 29
2.6.1 场区地质特征	. 29
2.6.2 工程地质测绘和钻探	. 30
2.6.3 地层及岩性特征	. 31
2.6.4 原位测试与室内试验	. 32
2.6.5 土的腐蚀性评价	. 33
2.6.6 地基土的冻胀性评价	. 34
2.6.7 场地稳定性与适宜性评价	. 34
2.6.8 场地地震效应分析评价	. 35
2.7 结论	. 38
第三章 工程概况	. 39
3.1 处置对象	. 39
3.1.1 处置范围和规模	. 39
3.1.2 填埋处置源项	. 39
3.2 填埋场规划和平面布置	. 43
3.2.1 填埋场规划及建设内容	. 43
3.2.2 总平面图	. 44
3.2.3 出入口控制	. 45
3.3 填埋场工程设计	45

3.3.1 填埋单元	45
3.3.2 填埋场地排水系统	48
3.3.3 辅助设施(预处理区)	49
3.4 废物的处置	50
3.4.1 废物的接收	51
3.4.2 废物的暂存和处理	52
3.4.3 废物的安放	54
3.4.4 回填、封顶	54
3.4.5 覆盖	55
3.4.6 施工运行计划	55
3.4.7 填埋处置工艺控制系统方案	55
3.5 三废的产生及处理	56
3.5.1 施工期主要污染物的产生及处理	56
3.5.2 运行期主要污染物的产生及处理	57
3.6 辐射防护	59
3.6.1 场所分区	59
3.6.2 人流、物流控制	59
3.6.3 辐射监测	60
3.7 填埋场的关闭	61
3.7.1 关闭的条件	61
3.7.2 关闭步骤	61
3.7.3 关闭后的场区控制	62
第四章 环境质量现状	63
4.1 调查内容和取样布点	63
4.2 调查结果	65
4.3 非放环境质量现状评价	68
4.4 小结	68
第五章 安全分析	69
5.1 填埋场长期稳定性	69

5.1.1 场址安全分析	69
5.1.2 地面排水和浸蚀防护	69
5.1.3 水渗入	70
5.1.4 边坡稳定性	71
5.2 运行事故分析	71
5.2.1 一辆运输废物包的车辆起火或爆炸	71
5.2.2 一个废物包在吊装过程中坠落	72
5.3 关闭后事故分析	72
第六章 环境影响	74
6.1 施工期间环境影响分析	74
6.2 运行期的环境影响	75
6.2.1 填埋场运行特点	75
6.2.2 正常运行的职业照射	75
6.2.3 正常运行下的环境影响	78
6.2.4 运行事故的环境影响	81
6.3 关闭后的环境影响	83
6.3.1 关闭后景象分析	83
6.3.2 地下水途径影响	85
6.3.3 事故影响	96
6.4 小结	110
第七章 环境监测和流出物监测	112
7.1 环境及流出物监测的目的	112
7.2 运行前的环境本底监测	112
7.3 施工期间的环境监测	113
7.4 运行期间的环境监测和流出物监测	113
7.5 关闭后的环境监测	114
7.6 质量保证计划	115
7.6.1 质量保证和质量控制	115
7.6.2 监测计划的管理和变更	116

7.6.3 监测记录和文件管理	116
第八章 填埋场建造和运行的效益分析	117
8.1 利益分析	117
8.1.1 处置能力	117
8.1.2 安全效果	117
8.1.3 经济利益	118
8.1.4 社会和环境利益	118
8.2 代价分析	119
8.2.1 经济代价	119
8.2.2 社会代价	119
8.2.3 辐射照射代价	120
8.2.4 环境代价	120
8.3 效益分析	120
8.3.1 效费比	120
8.3.2 社会效益	121
8.3.3 环境效益	121
第九章 结 论	122
9.1 项目概况	122
9.2 环境质量现状	122
9.3 废物的产生及处理	122
9.3.1 施工期废物产生及处理	122
9.3.2 运行期主要污染物的产生及处理	123
9.4 环境影响	124
9.5 公众参与	125
9.6 承诺	126
附录 I 大气弥散和气载途径剂量估算模式	127
附件一: 政府相关批文	133
附件二:报告书修改说明	139

前言

根据现行的放射性废物分类体系中规定,极低水平放射性废物(以下简称极低放废物)的放射性核素活度浓度接近或者略高于豁免水平或解控水平,其中长寿命放射性核素的活度浓度非常有限,其活度浓度下限值为解控水平,上限值一般为解控水平的 10~100 倍。极低放废物产生于核电、其他民用核设施、核技术应用、核能研发活动和某些非核工业,特别是核设施退役会产生大量极低放废物。国际统计数据表明,极低放废物量可占核设施退役废物总量的 50~75%。截至目前,我国积累和新产生的极低放废物数量庞大,经初步调查分析,亟待处置的极低放废物量约有 200000 m3,而当核电、民用核设施启动退役后,也将会在短期内产生大量的极低放废物,对环境构成一定的辐射风险,同时也不利于核能、核技术的健康可持续发展。因此,必须要为极低放废物的处置寻找合适的出路,否则未来将成为阻碍核设施退役的瓶颈问题。

极低放废物可按照国家固体废物管理规定,可以在工业固体废物 填埋场中处置,但是相关处置活动至今并未实施。一方面是考虑将极 低放废物纳入到工业固体废物填埋场中进行处置,将带来更大的邻避 效应;另一方面,若在工业固体废物填埋场中增加处置极低放废物, 在其运行后的监测过程中,必然要考虑极低放废物的特征,增加填埋 场建设和运行成本。

基于上述背景,甘肃东方新环环境治理有限公司计划在甘肃酒泉"技术产业园(金塔县)建设极低水平放射性废物填埋场(以下简称"填埋场"),用于接收并处置来自全国范围内的核电、其他民用核设施、核能研发、核技术利用等单位生产、科研活动产生的极低放废物。本填埋场项目的实施,一方面可以降低中、低水平放射性废物的处置压力,另一方面也有利于加快核设施退役进度,对促进核电、其他核设施及核技术利用的发展,具有重大经济意义和现实意义。

项目的开发、建设和运行单位为甘肃东方新环环境治理有限公司 (以下简称"东方新环")。东方新环是落户于甘肃省酒泉核技术产业 园的专业公司,注册资本金 1000 万元。公司主要从事低水平放射性 固体废物处理处置设施的建设、运营和管理;低水平放射性固体废物处理及相关领域的科研、开发、技术转让、技术服务等。公司拟在甘肃酒泉核技术产业园开发极低放固体废物处置业务,专门用于接收处置核电、军工、核燃料循环设施及核技术利用产生的极低放固体废物。

填埋场拟接收处置的极低放废物总量为 1.5×10⁵ m³, 年处置极低放废物 5×10³ m³, 运行期为 30 年,填埋场东面预留一定场地,待后期扩建使用。本次对填埋场工程建造、运行和关闭后可能造成的环境影响进行评价,后续工程及极低放废物的场外运输不在本次评价范围内。

第一章 概述

1.1 编制目的

本报告是依据中广核研究院有限公司编制的《极低放废物治理项目可行性研究报告》(2019.7)所给出的极低放固体废物填埋场废物填埋处置工艺以及极低放固体废物源项,对该填埋场建造、运行和关闭后可能造成的环境影响以及该影响是否符合国家有关法律、法规作出评价。

1.2 项目概况

名称: 极低放废物治理项目

建设单位: 甘肃东方新环环境治理有限公司

建设性质:新建

建设周期:本工程建设周期 18 个月,预计 2022 年上半年运行

资金来源:本工程总投资 14502.84 万元,全部为企业自筹

1.3 项目建设的目的与必要性

根据现行的放射性废物分类体系中规定,极低放废物的放射性核素活度浓度接近或者略高于豁免水平或解控水平,其中长寿命放射性核素的活度浓度非常有限,其活度浓度下限值为解控水平,上限值一般为解控水平的 10~100 倍。极低放废物产生于核电、核燃料循环设施、核设施退役及核技术应用等,特别是核设施退役会产生大量极低放废物。国际统计数据表明,极低放废物量可占核设施退役废物总量的 50~75%。我国是核工业体系较为完整的国家之一,也是核电、核技术利用大国。截至目前,我国积累和新产生的极低放废物数量庞大,经初步的调查分析,亟待处置的极低放废物量约有 200000 m3 而当核电、民用核设施启动退役后,将会在短期内产生大量的极低放废物,对环境构成一定的辐射风险,同时也不利于核能、核技术的健康可持续发展。因此,需要为极低放废物的处置寻找合适的出路,否则未来将成为阻碍核设施退役的瓶颈问题。

极低放废物可按照国家固体废物管理规定,在工业固体废物填埋场中处置,但是相关处置活动并未实施。一方面是考虑将极低放废物纳入到工业固体废物填埋场中进行处置,将带来更大的邻避效应;另一方面,若在工业固体废物填埋场中增加处置极低放废物,可能带来新的问题,在环境影响评价及监测过程中,必须要考虑极低放废物的特征,增加填埋场建设和运行成本,故未见利用工业固体废物填埋场处置极低放废物的实践。

综上分析,现阶段规划建设一座极低放固体废物填埋场非常必要。

1.4 建设内容和规划

综合考虑我国核电站(过滤器芯等)、核设施退役(污染建筑物、污染土、废渣等)和核燃料循环设施(氟化钙渣等)以及核技术利用过程产生的极低放废物数量,本填埋场项目的建设规模在考虑留有适当发展余地的情形下,根据极低放废物的可接收处置性规划处置规模,分期建设实施。

根据上述原则,本项目拟在甘肃酒泉核技术产业园建设一座符合 GB/T 28178-2011《极低水平放射性废物填埋处置》标准的专设平地型填埋场,为商用属性,主要服务于全国的核电、核设施退役、核燃料循环设施、核技术利用等单位生产、科研及退役活动产生的极低放废物。

极低放废物填埋场规模为 1.5×10⁵m³, 按照年填埋极低水平放射性废物 5000 m³, 运行年限为 30 年,填埋场东面预留一定场地,待后期扩建使用。本填埋场主要用于填埋国内相关行业产生的极低放固体废物。填埋场设计建造期: 2020~2021 年。

项目总建筑面积 35200m², 规划总用地 66600m², 其中生产建筑用地 46450m², 道路广场用地约 4800 m², 其他为绿化等用地。本项目主要新建内容有:物流站、整备车间和填埋单元。行政办公、生活服务设施以及厂区辅助设施利用 1000 t/a 低放废物减容处理项目(以下简称"废物减容处理项目")已有的建筑、设备和设施。

1.5编制依据

1.5.1 国家法律法规和标准

- 1 《中华人民共和国环境保护法》, 2015年
- 2 《中华人民共和国环境影响评价法》, 2018年
- 3 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年
- 4 《中华人民共和国核安全法》, 2017年
- 5 《建设项目环境保护管理条例》,国务院 682 号令, 2017 年
- 6 《放射性废物安全管理条例》, 国务院令第612号, 2011年
- 7 《放射性物品运输安全管理条例》,国务院 562 号令, 2010 年
- 8 《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》,环境保护部令 第 25 号,2013 年
- 9 《建设项目环境影响评价分类管理名录》,生态环境部令第 1号,2018年
- 10 《甘肃省辐射污染防治条例》,甘肃省人民代表大会常务委员会公告第19号,2015年
 - 11 《放射性废物分类》,环保部公告第65号,2017年
 - 12 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
 - 13 GB/T 28178-2011《极低水平放射性废物填埋处置》
- 14 GB9132-2018《低中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》
 - 15 GB11215-1989《核辐射环境质量评价一般规定》
 - 16 GB11928-1989《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》
 - 17 GB14500-2002《放射性废物管理规定》
 - 18 GB899-88《电离辐射监测质量保证一般规定》
- 19 GB11216-89《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》
 - 20 GB11806-2019《放射性物质安全运输规程》
 - 21 HJ/T23-1998《低中水平放射性废物近地表处置设施的选址》
 - 22 HJ/T5.2-93《核设施环境保护管理导则 放射性固体废物浅

地层处置环境影响报告书的格式与内容》

- 23 GB3095-2012《环境空气质量标准》
- 24 GB3096-2008《声环境质量标准》
- 25 GB8978-1996《污水综合排放标准》
- 26 GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》
- 27 GB12523-2011《建筑施工场界环境噪声排放标准》
- 28 GB16297-1996《大气污染物综合排放标准》
- 29 HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》
- 30 HJ 2.2-2018《环境影响评价技术导则 大气环境》

1.5.2 委托文件

甘肃东方新环环境治理有限公司与中国辐射防护研究院签署的《极低放废物治理项目环境影响评价服务委托合同》。

1.5.3 主要技术资料

- 1 中广核研究院有限公司,《极低放废物治理项目可行性研究报告》,2019年7月
- 2 中国辐射防护研究院,《1000 t/a 低放废物减容处理项目环境影响报告书(申请建设阶段)》, 2019 年 4 月(内部)
- 3 中国辐射防护研究院,《核燃料循环科技示范项目场址周围人口和人口分布及食谱调查专题报告》,2016年8月
- 4 甘肃金地岩土工程有限公司,《甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目岩土工程详勘报告》,2019年7月
- 5 中国辐射防护研究院,《核燃料循环科技示范项目厂址气象铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析技术报告(2013.4~2015.3)》,2016年6月
- 6 郑州中核岩土工程有限公司,《核燃料后处理厂(甘肃金塔厂址)环境水文地质调查报告》,2012年12月
- 7 中国辐射防护研究院,《核燃料后处理厂(甘肃金塔厂址)可 行性研究阶段环境放射性本底初步调查报告》,2015 年 5 月

1.5.4 政府批文

- (1)金塔县发展和改革局关于甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目登记备案的通知(金发改行服[2019]109号)
- (2)金塔县金鑫工业区管理委员会关于甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目入园的批复(金工管字[2019]96号)

1.6 环境管理目标

1.6.1 公众剂量管理目标值

- (1)正常工况下,考虑到本工程接收废物中 U 的活度较高,关闭后 U 及其子体核素对公众造成的剂量较大,因此,确定本工程公众剂量约束值为 0.05mSv/a。
- (2) 事故情况下,无意闯入填埋场或接触废物者连续受照的个人年有效剂量控制值为不超过 1mSv/a,单次急性受照的个人有效剂量不超过 1mSv/次。

1.6.2 工作人员剂量管理目标值

- (1)正常处置作业期间,工作人员个人有效剂量当量不超过 1 mSv/a。
- (2) 事故工况下,工作人员所受的个人有效剂量当量不超过 1 mSv/次。

1.6.3 废物的设计接收限值

- (1) 废物接收标准
- ▶ 剂量率控制值

假定货包中均为核素 Co-60,按照最大比活度(10Bq/g)计算货包表面的剂量率。本填埋场接收的极低放废物包表面的辐射剂量率应低于 2.2×10^{-3} mSv/h,在距废物包表面 1 m 远处的剂量率低于 5.7×10^{-4} mSv/h。

▶ 活度浓度控制值

废物体中放射性核素比活度需满足 GB/T 28178-2011《极低水平放射性废物填埋处置》中给出的核素活度浓度指导值。含多种人工放射性核素的极低放废物,其中每一种人工放射性核素的活度浓度值与各自的活度浓度指导值的比值之和应不大于 1,即应满足下式:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i}{C_{io}} \le 1$$

式中: C_i —极低放废物中核素 i 的活度浓度,单位为 Bq/g; C_{io} —核素 i 在极低放废物中的活度浓度指导值,单位为 Bq/g; n—极低放废物中人工放射性核素的种类数。

本工程接收的废物大部分来自核电站(过滤器芯等)、核设施退役(污染建筑物、污染土、废渣等)、核燃料循环设施(氟化钙渣)和核技术利用过程产生的极低放废物。核电站废物来源及源项参照北龙处置场接收的核电废物,废物中的主要核素为 H-3、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239。核设施退役废物来源及源项参照八二一、四0四厂产生的极低放废物,主要核素为 Co-60、Sr-90、Cs-137、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U-238、Am-241等。核燃料循环设施产生的氟化钙渣中主要污染核素为 U(U-234、U-235和 U-238)。核技术利用过程中涉及的主要放射性核素为 Co-60、H-3、C-14、F-18、I-131、Tc-99m、Ga-68、Ge-68等,其中大部分为短寿命核素,暂存衰变后处理,仅有部分含 Co-60、H-3、C-14等较长半衰期的放射性废物需送填埋场处理。

综上所述,本工程接收的主要核素包括 H-3、C-14、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U(U-238、U-235、U-234)、Am-241。

根据 3.1 节的分析,本工程人工放射性核素接收限值按照 GB/T 28178-2011《极低水平放射性废物填埋处置》给出的人工放射性核素浓度指导值进行控制,U浓度接收限值按照 50Bq/g 进行控制,本项目接收的主要放射性核素的活度浓度限值应满足下表 1.1 的限值要求。

表 1.1 本工程极低水平放射性废物包主要核素的活度浓度指导值

核素	活度浓度指导值(Bq/g)	核 素 活度浓度指导值(Bq/g)	
H-3	1.00E+03	Eu-152	1.00E+01
C-14	1.00E+01	Eu-154	1.00E+01
Co-60	1.00E+01	Np-237 1.00E+00	
Ni-63	1.00E+04	Pu-239	1.00E-01
Sr-90	1.00E+02	Am-241	1.00E-01
Cs-137	1.00E+01	U	5.00E+01

(2) 设计接收废物的量

本填埋场设计的极低放废物的总处置规模 1.5×10^5 m³, 处置的废物总活度为 1.32×10^{14} Bq。

1.6.4 含放射性核素废水排放限值

本工程运行后,将对可能产生的渗析液进行收集,并定期分析和监测,当放射性指标满足 GB8978-1996《污水综合排放标准》中总 $\alpha \le 1$ Bq/L,总 $\beta \le 10$ Bq/L,排入园区废水管网,若不满足要求,收集后送有资质单位处理。

1.7 非放环境管理目标

1.7.1 环境质量标准

(1) 环境空气质量标准

本工程拟选址位于甘肃酒泉核技术产业园,该产业园位于金塔县东坝乡西北区域,主要以核乏燃料后处理产业、核技术应用产业及配套产业为主。项目所在区域属二类环境功能区。采用《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准。环境空气质量标准见表 1.2。

表 1.2 环境空气质量标准

		标准	達值		-1 F-1 VD	
污染物	单位	小时平均	日平均	年平均	引用标准	
SO_2	μg/m ³	500	150	60		
NO ₂	μg/m ³	200	80	40	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012)二级标准	
TSP	μg/m ³	/	300	200		

(2) 声环境质量标准

本项目位于 3 类声环境功能区,声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的 3 类标准,昼间 65dB(A),夜间 55 dB(A)。

1.7.2 污染物排放标准

(1) 大气污染物排放标准

本工程仅在施工期间会产生少量扬尘。本工程施工期 TSP 浓度 执行《大气污染物综合排放标准》GB16297-1996 中相关要求,施工 期周界外 TSP 浓度最高点不高于 1mg/m³。

(2) 噪声排放标准

施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011)。本项目营运期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)3类标准。噪声排放标准值见表 1.3。

表 1.3 噪声排放标准

污染物名称	引用标准	执行标准
唱字排分	《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011)	昼间: 70dB(A) 夜间: 55dB(A)
噪声排放	《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008)中3类声环境功能区	昼间: 65dB(A) 夜间: 55dB(A)

(3) 非放污水排放标准

本工程产生的非放生产废水中污染物达到《污水排入城市下水道水质标准》(GB/T31962-2015)排放标准后,排入园区污水管道系统。废水中污染物排放限值见表 1.4。

污染物 单位 排放限值 执行标准 6.5~9.5 PH COD mg/L 500 BOD_5 mg/L 350 《污水排入城镇下水道水 400 SS mg/L 质标准》 mg/L 45 氨氮 (GB/T31962-2015) 硫酸盐 mg/L 600 氯化物 mg/L 800 氟化物 20 mg/L

表 1.4 排入园区污水管网前废水中污染物浓度限值

1.8 评价范围

鉴于本项目在正常运行情况下排入环境的放射性物质很少,对环境的影响也较小。参照 HJ/T5.2-1993《核设施环境保护管理导则一放射性固体废物浅地层处置环境影响报告书的格式与内容》和我国同类极低放固体废物填埋场,本项目评价范围为以填埋场区为中心,半径10 km 范围的圆形区域。

第二章 场址环境

2.1 地理位置

本填埋场项目建设地点位于甘肃省酒泉核技术产业园区内,场址中心坐标为东经 98°34′05.2″,北纬 40°19′56.4″。场址位于甘肃省酒泉市金塔县西坝乡西北约 29 km 处,南距嘉峪关市约 63 km,距酒泉市约 66 km,东南距金塔县约 50 km,西距玉门市约 99 km,场址位置图见图 2.1。



图 2.1 项目场址地理位置示意图

2.2 人口分布及饮食习惯

2016 年,中国辐射防护研究院对核燃料循环科技示范项目场址周围人口和人口分布及食谱进行了现场调查,编制了《核燃料循环科技示范项目场址周围人口和人口分布及食谱调查专题报告》。本填埋场项目位于核燃料循环科技示范项目场址东侧约 6 km 处。本次评价人口和食谱数据采用该次现场调查的实际调查数据,人口分布根据具体位置进行适当调整。

2.2.1 各子区现有人口分布及年龄构成

厂址半径 5km 范围内不存在行政村及自然村。厂址半径 10km 范围内,涉及甘肃省农垦集团有限公司下辖的生地湾农场,包括生地湾农场一分场、二分场、三分场和四分场。厂址半径 10km 范围内的人口分布情况见表 2.1 和图 2.2。

厂址半径 10km 范围总人口为 2271 人,平均人口密度为 7 人/km²; 厂址半径 5km 内没有常住居民。厂址所在金塔县平均人口密度为 9 人/km²,人口自然增长率为 3.05‰。金塔县人口年龄结构见表 2.2。

序号	生产队、自然村名称	人口数	距离 (km)	方位
1	生地湾农场一分场	312	10.0	SE
2	生地湾农场二分场	649	6.9	SSE
3	生地湾农场三分场	676	7.5	S
4	生地湾农场四分场	634	10.3	SSE

表 2.1 厂址半径 10km 范围内居民点分布情况(2015年)

表 2.	2 金塔县人	、口年龄结构	(2015年)
------	--------	--------	---------

年龄(岁)	≤1 岁	1-7 岁	7-17 岁	>17 岁
人口数	763	6159	16067	104206
所占比例(%)	0.60	4.84	12.63	81.93

2.2.2 人口发展规划

本工程位于甘肃省酒泉市核技术产业园区内(以下简称核技术产业园),根据《甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划(2017~2030)》,园区人口发展规划如下:

- (1) 近期 2022 年,园区产业带动就业人口为 3.0-5.0 万。
- (2) 远期 2030 年, 园区产业带动就业人口为 10.0-13.08 万。

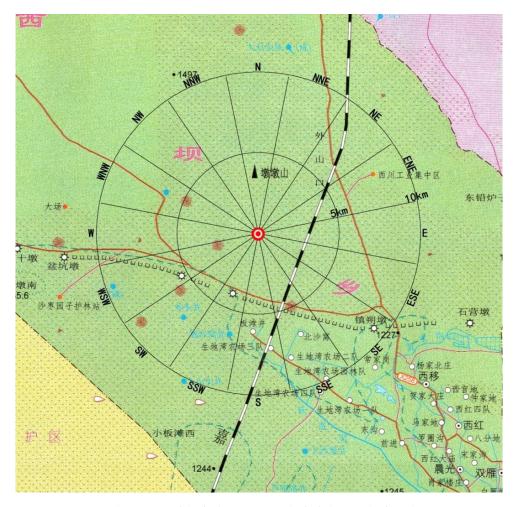


图 2.2 厂址半径 10km 范围人口分布图

2.2.3 居民饮食习惯

生地湾农场居民食谱的抽样调查结果见表 2.3。由表可以看出, 生地湾农场居民粮食以面为主,辅以米、玉米和薯类等。其中面(小 麦)40%当地自产,60%由金塔购入;米均由外地购入;蔬菜、肉类 和水果部分由当地自产,部分由外地购入;水产品、奶类及其制品均 由外地供应。

表 2.3 生地湾农场居民平均食物消费量(kg/a)

食物品种		≤1 岁	1~2 岁	2~7 岁	7~17 岁	>17岁	来自评价区内的比例%		来自评价区外
							生地湾农场%	金塔县%	的比例%
粮食	米	0.41	2.75	7.25	11.96	14.72	0	0	100
	面	0.75	8.75	71.25	101.17	145.85	40	60	0
	其它	0.12	1.50	1.50	2.74	3.53	50	50	0
蔬菜	叶类	1.75	4.25	8.75	16.17	27.58	50	50	0
	根茎类	0.62	2.75	4.13	7.61	12.90	20	80	0
	果实类	1.35	6.38	15.94	24.33	39.00	40	60	0
	水生类	0.02	0.25	0.43	0.48	0.46	0	0	100
肉类	猪肉	0.13	2.75	3.50	6.04	8.98	50	50	0
	羊肉	0.05	0.75	1.63	4.57	5.75	60	40	0
	牛肉	0.02	1.00	1.63	1.65	2.05	0	0	100
	禽肉	0.08	2.75	2.50	4.20	4.62	70	30	0
蛋		15.5	3.75	3.88	3.45	5.02	70	30	0
水产品		0.27	0.33	1.10	2.25	2.91	0	0	100
奶类及奶制品		125	57.50	21.00	10.35	16.12	0	40	60
水果		18.50	18.75	14.00	21.35	33.93	50	50	0

2.3 社会经济和资源概况

2.3.1 社会经济

2017年,金塔县全实现生产总值 72.8 亿元,同比下降 1.9%。其中,第一产业增加值 20.6 亿元,比上年增长 5.6%;第二产业增加 14.5 亿元,下降 10.2%;第三产业增加值 37.7 亿元,下降 1.6%。全县人均生产总值达到 5.1 万元。

2017年,金塔县全农作物播种面积 46.4 万亩,与上年基本持平。粮食播种面积 12.1 万亩,粮食总产量 7.7 万吨;棉花种植面积 0.3 万亩,棉花总产量 463 吨;油料种植面积 1.3 万亩,油料总产量 2646吨;蔬菜种植面积 15.1 万亩,蔬菜总产量 76.4 万吨;瓜果种植面积 2 万亩,瓜果产量 9.8 万吨;药材种植面积 1.7 万亩,产量 2.3 万吨。全年完成造林面积 6.5 万亩。全县禽畜饲养量达到 309.99 万头(只),下降 2.5%。全年肉类总产量达 18348 吨,增长 4.1%;牛出栏 5916头,牛存栏 12946头;羊出栏 80.7 万只,存栏 76.2 万只;猪出栏 6.5 万头,存栏 4.4 万头;鸡出栏 92.6 万只,存栏 45.4 万只。

场址半径 5 km 范围内没有农副业生产。场址半径 10 km 范围内,仅涉及生地湾农场,粮食作物主要是小麦,还有部分杂谷;经济作物番茄、辣椒和苜蓿等。2017年,全农场粮食作物播种面积 933 公顷,总产量 9200吨;蔬菜作物播种面积 1000公顷,总产量 57000吨;瓜类播种面积 200公顷,总产量 8000吨;饲料作物播种面积 1733公顷。

场址半径 10 km 范围内不存在学校、医院和监狱。

2.3.2 土地利用

本填埋场项目位于甘肃酒泉核技术产业园内,该产业园位于金塔 县东坝乡西北区域,主要以乏燃料后处理产业、核技术应用产业及配 套产业为主。

核技术产业园规划范围包含核心用地规划范围、统筹协调规划范围、远景预留规划范围,用地面积共约 41.29 km²。其中核心用地规划范围位于金塔县生湾农场北侧,东至嘉策铁路以东约 4.50 km 处,

南至生地湾农场耕边缘,西至规划 6 km 限制警戒线,北面为戈壁山区,用地积约 19.30 km²。

园区规划"五区"空间结构,集聚十二组产业形态(见图 2.3)。



图 2.3 甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划

- (1) 核燃料循环后处理核心区:位于园区金十路以西。设 1 个产业组,以乏燃料后处理、MOX 燃料元件制造产业、三废处理制造产业、多用途模块式反应堆等产业为核心。
- (2) 融合产业共建区: 位于园区金十路以东至 6 km 规划限制警戒线。设 1 个产业组,以乏燃料后处理配套产业、维修调试产业、核级仪表、控制、通用设备、备件及材料装备制造产业为核心。
- (3) 核技术产业工业区:位于园区嘉策铁路以西至 6 km 规划限制警戒线。设 5 个产业组,分别是:核技术产业应用区(非放类)、核技术产业生产区(低污低放类)、仓储物流区、行政商务区(服务性产业)和交通运输区。
- (4) 非核产业工业区: 位于园区嘉策铁路以东区域。设4个产业组,分别是: 矿产品加工冶炼区、新型建材产业区、装备制造区和公共服务生活区(服务性产业)。
- (5) 金嘉产业承接区:远景预留承接酒泉市、嘉峪关市外溢的装备制造产业。

甘肃酒泉核技术产业园目前正在进行建设,根据产业园区提供的资料,目前核技术产业园区内只有甘肃东方瑞龙环境治理有限公司(以下简称东方瑞龙)1家入驻企业。该企业在技术园区内开展的项目是1000t/a低放废物减容处理项目,该项目预计2022年建成投入使用,工作人员约40人。本工程位于废物减容处理项目的东侧,用地红线紧邻废物减容处理项目。

项目建设单位东方新环作为甘肃酒泉核技术产业园入驻企业,本项目已列入该产业园总体发展规划,建设用地已获得当地政府许可。本项目位于核技术产业生产区(低污低放类) M3 地块,项目周围 5 km 范围内无常住居民,无制约因素,选址合理可行。

2.3.3 矿产资源

金塔县内矿产资源丰富,已探明的主要有铜、铁、铅、锌、金、镁、钨、煤炭、芒硝、石膏、花岗岩、硅、红柱石等 8 大类 50 多个品种,总储量达 20 多亿吨。依托丰富的农矿资源,现已建成金鑫、北河湾和穿山驯 3 大工业园区,初步形成了以农矿产品精深加工、建筑建材、能源化工为主的工业发展新框架。

本填埋场评价范围内存在采矿企业 4 家(见表 2.4 表 2.4),纳入核技术产业园统一管理。由于目前市场不景气,该区 2018 年无采矿企业生产。

农 2.4										
企业名称	主要经营 生产品种	年产值 (万元)	职工人数	相对场址位 置关系 方 距离						
				位	(km)					
金塔县浩德矿业有限公司(2012 年停产)	铅锌矿采 选	0	1	ESE	8.09					
可(2012 平停)	·		11							
金塔县万通矿业有限责 任公司	铁矿石采 选铁精粉 10 万吨	0	生产期约 40 人/停产期 8 人	ESE	8.20					
金塔县西川(万达)矿业 有限公司(建成未投产)	金矿石采 选	0	6	ESE	8.52					
金塔县昌鑫矿业有限责 任公司(2012 年停产)	铁矿石采 选	0	2	ESE	8.00					

表 2.4 场址半径 10 km 范围内采矿企业情况

2.3.4 交通运输

场址半径 10 km 范围内现有嘉策铁路 1 条铁路, 主要是向策克口岸运输煤炭, 位于场址东部, 距场址的最近距离为 3km, 在场址 ESE 方位。

场址半径 10 km 范围内的交通运输方式主要为公路运输,现有 1 条县道、3 条专用道路和多条乡村道路。该范围内主要是戈壁荒山,居民点稀少,仅有生地湾农场部分居民点,从金塔县城经县道 X 258 -西坝乡镇区- Z108 连通上述 3 个居民点。由县道 X 258 连接 Z 300、Z 301 可到达各矿点("Z"表示专用道路,此类道路大部分为车辆直通各矿点在戈壁中长期碾压而成,路面为戈壁滩沙砾自然路面,无铺装,无等级)。厂址半径 10km 范围交通运输情况见图 2.6。

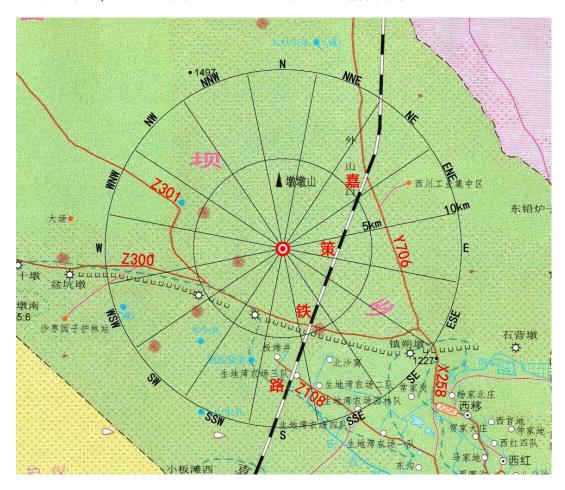


图 2.4 场址半径 10 km 公路、铁路分布情况

此外,嘉峪关国际机场位于嘉峪关市,距离核技术产业园区约 110 km,通过连接嘉峪关的二级公路,实现便捷联系;鼎新机场位于 甘肃省金塔县鼎新镇,为军民两用机场,距离核技术产业园区约 55 km,通过酒航路,实现便捷联系。

2.3.5 自然保护区和文物保护单位

在项目用地预审申请表中,相关单位(环保局、农牧局、林业局、 文物局等)明确本填埋场项目用地范围内无自然保护区和文物保护单 位,距场址最近的自然保护区为甘肃省金塔县沙枣园子省级自然保护 区(见图 2.5),该保护区位于场址 S~WSW 方位,距场址约 13 km。



图 2.5 本项目与沙枣园子自然保护区相对位置图

2.3.6 生态环境状态

评价区所处地由于气候干燥,风力剥蚀严重,山地岩石与砾石裸露,形成岩漠与砾漠景观。场址周围为风蚀残丘和中部戈壁砾石地,植被稀少,分布有少量干旱荒漠植被,代表的植被群落为红纱、骆驼草和泡泡刺,其中山间谷底植被覆盖度 1%以下,沙砾质戈壁滩植被覆盖度为 1~3%, 罕有保护型动物出没、迁徙。

2.4 气象

场址所在地金塔县的气候类型属于温带大陆性干旱气候,根据金塔气象站近 20 年的气象要素观测和统计结果,当地多年平均温度为8.8 ℃,无霜期 146 d,年均降水量为 60.3 mm,年蒸发量 2538 mm,1 h 最大降雨为 38.4 mm,降水日数 40 d,大风日数 70 d,平均风速为 2.2 m/s,主导风向为西风和东南风,平均冻土深度 120 cm。

本项目距离核燃料循环科技示范项目 6 km,两者地形基本一致,因此可以采用核燃料循环科技示范项目的气象观测数据。根据《核燃料循环科技示范项目场址气象铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析技术报告(2013.4~2015.3)》(中国辐射防护研究院,2016 年)的统计资料,地面站两年观测统计的年平均风速 4.65 m/s,年平均温度 9.41 C,年平均露点温度 -8.34 C,年平均湿球温度 2.76 C,年平均相对湿度 35.30%,年平均气压为 876.4 hPa,年均降雨量 18.1 mm。

2.5 水文

2.5.1 地下水

本项目目前未进行详细的水文地质勘察。项目位于核燃料循环科技示范项目场址东侧约 6 km 处,根据《甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目岩土工程详勘报告》,评价区域内地质情况与核燃料后处理厂厂址情况基本一致。因此,本次评价地下水水文地质资料部分采用《核燃料后处理厂(甘肃金塔厂址)环境水文地质调查报告》的调查结果,并承诺在申请贮存许可证前对场址周围进行详

细的水文地质勘查。

2.5.1.1 近区域水文地质条件

场址在近区域上位于北山古生代褶皱带南缘,早二叠纪末期的北山运动使该地区地层产生强烈褶皱而隆起,并伴有华力西期大规模岩浆侵入,从此开始了中生代陆相沉积和断块活动的新时期。第四纪以来,场址近区域表现为稳定的块体性质,剥蚀强度明显大于上升幅度,进入夷平状态,地壳相对稳定,无 4.5 级以上历史地震发生,差异性活动由北向南逐渐转移到与走廊过渡带交接的块体边界深大断裂带上。

(1) 地形地貌

场址在近区域上位于祁连山和马鬃山之间,靠近马鬃山。总的地势是南低北高,从北到南为侵蚀中高山地貌单元、山前剥蚀丘陵地貌单元,向南为宽阔的戈壁平原地貌单元。

金塔—花海盆地是敦煌—安西沉降区一系盆地中的一员,盆地第四系厚度小于200m,其北为发育多级夷平面的北山隆起区,南以阿尔金断裂带东段与河西走廊西段沉降区相接。盆地内有近南北向隆起,虽不明显,但对地下水流向产生一定影响,即是金塔—花海盆地分水岭。场址近区域可分为两类不同的地貌单元:剥蚀丘陵地貌单元和倾斜戈壁平原地貌单元。场址即位于金塔—花海盆地北缘的微倾斜戈壁平原地貌单元之中。

除剥蚀丘陵地貌单元和倾斜戈壁平原地貌单元两大基本地貌形态之外,在局部地段发育有风蚀、风侵地貌(如风蚀圆形小丘或风蚀层状土台等),现代风成砂丘、砂堆,现代暂时性流水形成的冲沟等。

(2) 地层岩性

近区域地层主要出露第四系地层、奥陶—志留系地层和海西中期侵入岩及脉岩。现分述如下:

▶ 第四系

第四系在场址近区域内广泛发育,除北部的山区由于强烈的物理风化作用使基岩之上普遍覆盖有残积物之外,主要集中分布在南部和

东部。沉积类型以湖积、洪积及风积为主。地层主要有:①下更新统玉门组($Q_1^{rt}Y$)仅出露在区域外西南角的老山边缘。主要是由石英、大理岩、中酸性火山岩、砂岩、砂砾岩等砾石组成。②中更新统(Q_2)以湖相堆积为主要类型,分布于金塔盆地中。③上更新统洪积物(Q_2^{rt}):主要指广泛分布的戈壁砾石层,构成极平坦的地貌形态。④全新统(Q_4):包括有洪积、冲积—洪积及风积三个主要成因类型的堆积物。其中以风积物最为发育。冲积—洪积物(Q_4^{rt-pt}):在金塔附近的河流两侧有分布,由砂砾、粉砂土、亚粘土及细粒粉砂等组成。洪积物(Q_4^{rt}):主要分布于山区的干沟中,由碎石及砂土组成。风积砂(Q_4^{rt}):主要发育沙枣园子附近,构成丛草沙堆。主要为黄色或土黄色松散的中细粒砂。

调查区第四系岩性主要为上更新统洪积的(Q_3^{pl})的戈壁砾石层、全新统洪积物(Q_4^{pl})的碎石及砂土和风积砂(Q_4^{eol})。

➤ 奥陶—志留系(O—S)

第一岩组:构成本岩组的主要岩性为石英岩、黑云石英片岩、变质砂岩、千枚岩及大理岩。大理岩在整个岩组中呈大的透镜体或夹层产出,厚度最大处可达千米,沿走向局部相变为质量较好的白云岩。其它岩性较为稳定。

第二岩组:以绢云千枚岩及千枚状粉砂岩为主,下部夹有中酸性、酸性火山岩及凝灰岩。层位较稳定。本岩组在西山煤窑以西及窑湾井附近表现为以黑云片岩、黑云石英片岩为主。

调查区奥陶—志留系(O—S)第二岩组以黑云角闪片岩为主,第一岩组以白云岩和大理岩为主。

▶海西中期侵入岩

海西中期是本区岩浆活动最剧烈时期,以中酸性侵入岩为主,基性岩次之,构成岩基或岩株。海西中期侵入岩主要为花岗闪长岩 $(\gamma\delta_4^{2b})$ 及石英闪长岩 (γo_4^{2b}) 侵入体,集中分布在近区域北半部,出露总面积 840km²。花岗闪长岩与石英闪长岩是同期异相的产物,在同一岩体中也往往有相互过渡的现象,甚至局部有相变为斜长花岗岩及花岗岩的现象。

东铅炉子花岗闪长岩($\gamma\delta_4^{2b}$)体:位于俞井子南及东铅炉子以北,呈北西向长条状分布,延长 40km,宽约 5.0km。本岩体侵入奥陶—志留系,又被后期花岗岩(γ_4^{3c})侵入。

沙枣园子花岗闪长岩体 (γ₄²), 位于西铅炉子与沙枣园子之间, 呈北西—南东向分布, 为不完整的椭圆状岩基, 长约 40km, 宽约 10~ 16km。本岩体岩性变化较大, 以浅灰色花岗闪长岩为主, 伴有斜长 花岗岩及浅红色花岗岩。本岩体侵入奥陶—志留系中。

调查区侵入岩主要为沙枣园子花岗闪长岩体,以黑云母花岗闪长岩为主。

▶ 脉岩

近区域内脉岩较发育,由酸性到超基性的脉岩均可见到,其中尤以酸性及中性脉岩分布更广。煌斑岩(χ)分布于西山煤窑以西及穿山驯,一般呈北西西向延伸。其岩石均呈暗灰绿色,煌斑结构明显。

(3) 地下水赋存条件和分布规律

金塔盆地为北大河下游冲洪积平原的顶部,地下水包括潜水和承压水两种类型,大致以金塔为界,南部多为中、上更新统冲积、洪积相的单一厚层型(砂砾石)潜水,水位埋深 5~10m,向北过渡为潜水和承压水两种类型。在戈壁平原过渡到细土平原的位置,单一厚层型的潜水含水层被多层冲、洪积的亚砂土、亚粘土、粘土层所分隔,由潜水过渡为承压—自流水,呈双层介质型、厚多层型、薄多层型产出,含水层的颗粒较细。含水层的岩性从南向北,自西向东,由单一卵石、砾石层递变为沙砾、砾砂、砂及粉砂层。

南部、西部潜水含水层的富水性及透水性远较北部的承压水含水层为强。承压水含水层岩性为粗砂,砂砾石为双层介质型或多厚层型。承压水头埋深 2m 左右,一般均低于附近表层潜水位 0.2~0.3m。

无论是潜水或者是承压水,含水层厚度均大于 40m,富水性、透水性较强,但向北有递减的趋势。根据资料,降深 5m 时的单孔涌水量达 4805.83m³/d,渗透系数为 40m/d,水质良好,矿化度小于 1g/L,水化学类型为 SO₄—HCO₃—Mg—Ca—Na(或 Mg—Na)型。

承压水分布区的表层潜水含水层岩性为全新统粉细砂、粉土质亚砂土及亚粘土。其本身又构成下部承压水相对的隔水层顶板,其厚度一般不超过 5m。富水性差,水质略差,矿化度 1.5g/L 左右, 水化学类型为 SO₄—HCO₃—Mg—Na 型水。

(4) 地下水补给迳流排泄

金塔盆地位处北大河下游冲、洪积平原的顶端,为干旱大陆性气候所控制,气象、水文对地下水的形成起着重要作用,决定着地下水的补给和排泄途径。盆地内的蒸发量是降水量的 40 倍,降水主要消耗于蒸发,在区内对地下水的补给意义不大。

本区地下水的主要补给来源是由祁连山的地表、地下径流,汇集于酒泉盆地之后,通过北山各沟谷径流和鸳鸯池、解放村水库坝基及闸门渗漏、田间灌溉水入渗、渠道渗漏等形式补给。另外还有少量凝结水补给,此外还有一部分南山各沟谷以侧向径流补给的区域外地下水和微弱的降水入渗。灌区地下水资源量年平均补给量约为 1.5 亿 m³。

地下水总流向为南西向北东,水力坡度 1.0‰~0.8‰。因金塔县两灌区位于金塔—花海盆地东段,为上古生代以来的长期下沉地区,南部夹山因有第三纪或白垩纪泥质砂岩分布,对地下径流起着一定的阻碍作用,北部和两灌区中部为马鬃山剥蚀山地,又对两灌区地下水径流起着一定的阻截作用。

地下径流流出、自然蒸发、人工开采等是地下水的主要消耗途径。

(5) 地下水流速流向

区域没有重要的地下水取水点,地下水水量贫乏,地下水流速一般为0.157~0.613m/d;地下水流向在调查区北部整体向南渗流至调查区南部沙枣园子冲沟内,在调查区南部地下水则顺地势由南向北渗流至沙枣园子冲沟内。调查区内北部和南部的地下水汇流至沙枣园子冲沟内后,自西向东南流出调查区。根据本次调查结果并结合调查区附近1:5万地形图(营盘大墩幅和生地湾农场幅)分析地下水流出调查区后可能流向生地湾农场。地下水流向见图2.6。

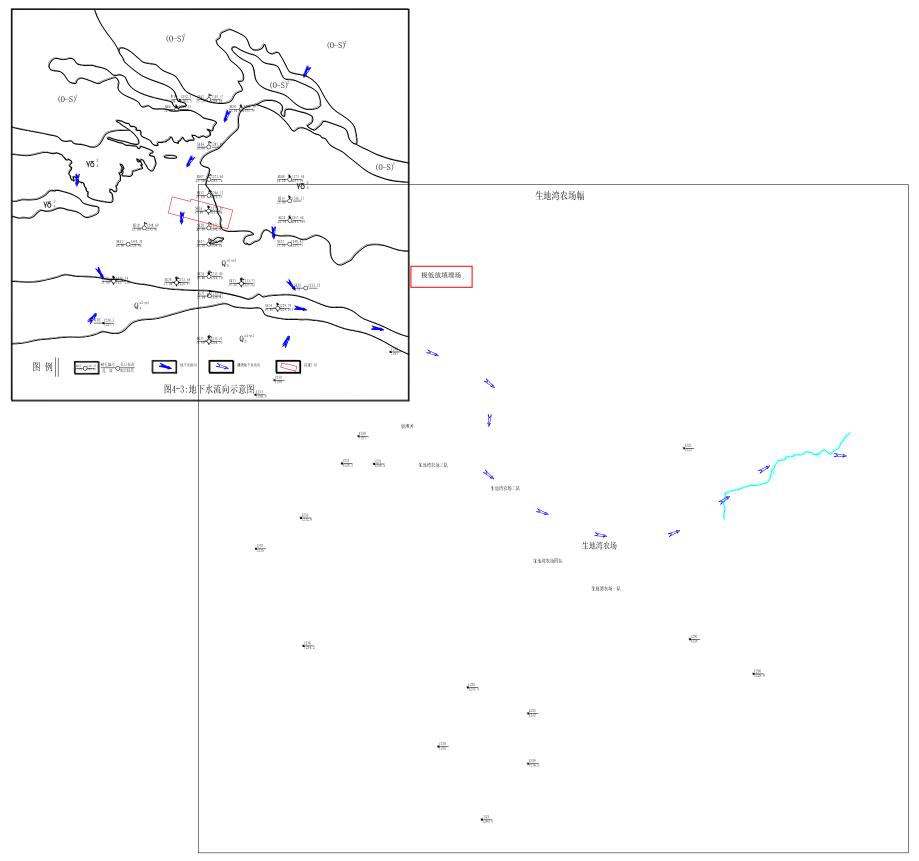


图 2.6 地下水流向图

2.5.1.2 场区水文地质条件

在对工程进行场址岩土工程详勘时,对场址区进行控制性钻孔6个,包括3个原位测试孔(控制深度22.8~24.8 m)和3个取土样钻孔(控制深度22.7~23.4 m),勘探点间距为127.00~130.99 m,钻孔深度范围内未见地下水,可见场区地下水埋藏较深;此外,据1:20万《酒泉幅综合水文地质图》资料显示,拟建场地地下水类型主要为第四系松散岩类孔隙潜水,孔隙潜水主要赋存于第四系中、上更新统砂砾石层中。地下水水位埋深50~100 m,水位年变幅为±2 m。

本次勘察在勘探深度内未揭露到地下水,地下水位埋藏深度大,可不考虑地下水对拟建工程的影响,不会对场址产生影响。

2.5.2 地表水

场址区域所涉及的主要河流水系包括黑河、疏勒河和讨赖河,其 分布见图见图2.7和图2.8。

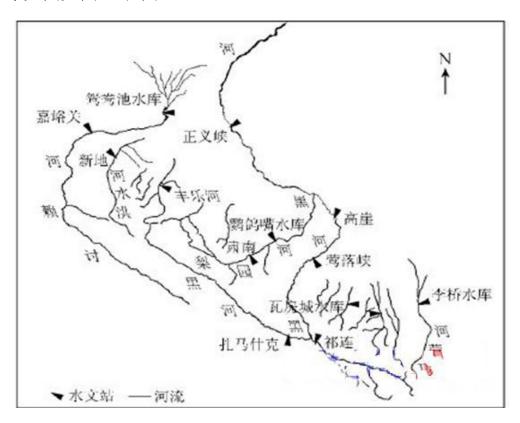


图 2.7 黑河与讨赖河水系分布示意图

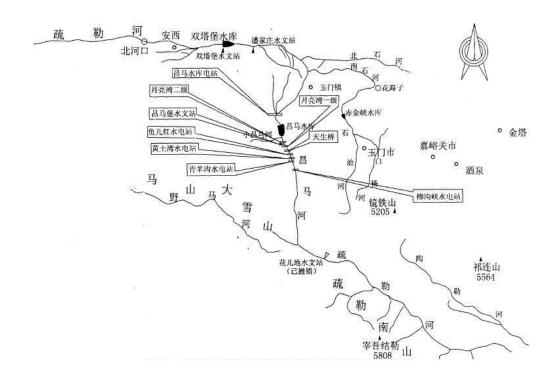


图 2.8 疏勒河水系分布示意图

黑河是河西走廊的第一大河流,位于场址区域的东侧,发源于祁连山北麓中段,由张掖、酒泉间的南山和祁连山流出各河流汇集而成,向北流入内蒙古居延海,全长约800 km。黑河距场址的距离60余公里。

疏勒河属于河西走廊内流水系的第二大河,源于祁连山脉西段托来南山与疏勒南山之间的疏勒脑,西北流经肃北县的高山草地,过昌马盆地。出昌马峡以前为上游(称昌马河),昌马堡站平水年年均流量24.8 m³/s,年径流量7.81亿m³。出昌马峡至走廊平地为中游,向北分流于大坝冲积扇面。疏勒河位于场址西侧,距场址超过100 km。

讨赖河位于上述两大河流之间,是嘉峪关市境内唯一的地表河流。河流发源于祁连山中段讨赖掌,水源汇聚地达620 km², 年平均降水量800 mm, 汇集水量22亿m³。河流经嘉峪关、酒泉、金塔后汇入黑河,属黑河水系一级支流。讨赖河源头至冰沟口河长260 km, 集水面积6883 km², 从嘉峪关市西南入境, 由东面流出, 境内河长40 km。据冰沟水文站1948 ~ 2000年观测资料分析, 讨赖河多年平均径流量63780万m³, 年最大径流量112000万m³ (1952年), 年最小径流量46400万m³。由于后期水利开发, 讨赖河水主要注入金塔的鸳鸯池水库。鸳鸯池水库距场址的距离40余公里。

根据已有资料,鸳鸯池水库的防洪标准为100年一遇洪水设计, 洪峰流量1080 m³/s,2000年一遇洪水校核,洪峰流量2400 m³/s。鸳鸯 池水库总库容1.048亿m³、相邻的解放村水库总库容3905万m³。

甘肃酒泉核技术产业园远离上述河流,距离最近的鸳鸯池水库也在40 km以上,再加上核技术产业园位于走廊北部,地势也远高于讨赖河流经的谷地和鸳鸯池水库。因此,河流洪水不会对场址产生影响,即使在考虑鸳鸯池水库溃坝的情况下也不会对场址产生安全影响。

本项目评价范围内无地表水体,距离场址最近的地表水体为跃进渠,该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络,渠水均引自鸳鸯池水库,用于生地湾农场农田灌溉。该渠距场址直线距离约11 km,不会对场址产生影响。

2.6 地质和地震

2.6.1 场区地质特征

为了项目总平面设计和落实各物项工程场地的适宜性,开展了岩土工程专题调查,其主要成果如下。

本填埋场项目场地地形较平缓,属于冲洪积第四系地层形成的微倾斜戈壁平原地貌。地面标高一般为1257~1259 m,坡降在0.5~1%左右,地势较平坦。局部因降雨水流冲刷作用形成浅沟壑,沟壑内基岩零星出露。第四系覆盖层主要为砾砂混角砾(见图2.9)。



图 2.9 场地冲蚀沟

根据收集区域地质资料结合本次勘察成果,勘察区内的地层岩性 从上到下分别为第四系砂砾层和古生代变质岩地层。通过现场测绘及 探井揭露,基岩层与第四系地层接触面凹凸不平,且上部岩石呈片状 风化,属于区域低温动力变质作用形成的一套千枚岩,表面岩石风化 成片状节理(见图2.10和图2.11)。



图 2.10 场地区域变质地质图

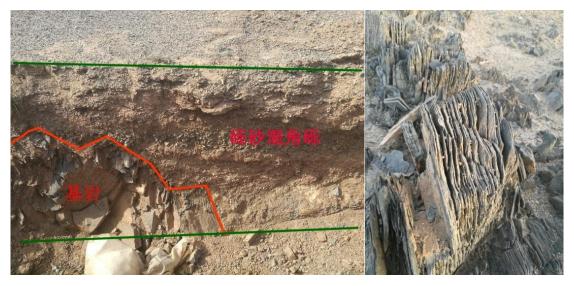


图 2.11 地层接触关系(左)和基岩表面片裂现象(右)

2.6.2 工程地质测绘和钻探

本次勘察依据东方新环极低放废物治理项目平面位置规划图及

GB 50021-2001(2009年版)《岩土工程勘察规范》等相关规范、技术要求,结合场地地质条件及任务要求进行工作量的布设。由于本区工程地质条件较为简单,地层变化有序且稳定,故本次勘探点沿拟建场地呈网格状布置,共布置勘探点9个,其中一般性钻孔3个,控制深度14.2~14.7 m;控制性钻孔6个(包括原位测试孔3个,控制深度为22.8~24.8 m;取土样钻孔3个,控制深度为22.7~23.4 m),勘探点间距127.00~130.99 m,详见图2.12。

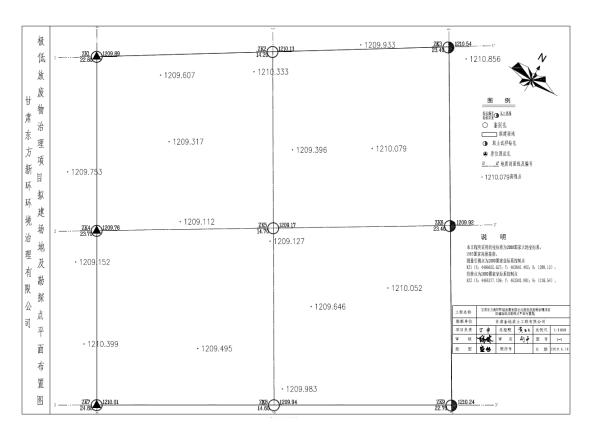


图 2.12 极低放废物治理项目拟建物及勘探点平面布置图

2.6.3 地层及岩性特征

根据区域地质资料及本次勘探揭露, 拟建场地在勘探深度内的地层层位较为稳定, 场地内地层由①砾砂(Q_4^{al+pl})、②-1强风化板岩(O-S)、②-2中风化板岩(O-S)、②-3微风化板岩(O-S)组成, 现对地层分布顺序自上而下分述如下:

①砾砂(Q_4^{al+pl}): 灰黄色,松散,干燥-稍湿,矿物成分主要由石英、长石组成,粒径大于20 mm约占15%,2~20 mm约占25%,余为

细砂、粘性土填充;一般呈次棱角状,级配较差,层厚0.6~0.9 m。

- ②-1强风化板岩(O-S): 浅灰色, 矿物成分主要由石英、长石组成, 变余粉砂质结构, 板状构造, 岩石风化强烈, 呈碎块状, 坚硬程度为较软岩, 完整程度为破碎, 岩体基本质量等级为V级, 层厚为0.6~1.2 m。
- ②-2中风化板岩(O-S): 深灰色, 矿物成分主要由石英、长石组成, 中等风化, 变余粉砂质结构, 板状构造。岩石较破碎, 坚硬, 性脆, 节理、裂隙较为发育; 岩体完整性一般, 岩芯多呈短柱状, 为较软岩, 岩石基本质量等级为IV级。该层做岩石单轴抗压强度试验3件, 单轴天然抗压强度范围值为13.2~16.1 MPa, 平均值为13.467 MPa。该层在场地内分布连续、稳定, 工程力学强度高, 该层厚度为0.9~1.3 m。
- ②-3微风化板岩(O-S): 深灰色, 矿物成分主要由石英、长石组成, 变余粉砂质结构, 板状构造, 有少量风化裂隙, 岩体完整性较好, 为较硬岩, 岩石基本质量等级为III级, 该层做岩石单轴抗压强度试验3件, 单轴饱和抗压强度范围值为14.8~33.6 MPa, 平均值为23.167 MPa。该层在场地内分布连续、稳定, 工程力学强度高。本次勘察最大揭露厚度21.9 m (未揭穿)。

2.6.4 原位测试与室内试验

2.6.4.1 原位测试

根据场地土分布特征及工程特性,本次勘察在①砾砂层(Q_4^{al+pl})中进行了标准贯入试验(N),其实测击数见表2.5~表2.8;在②-1强风化板岩层中进行了重型圆锥动力触探试验($N_{63.5}$),其试验成果详见表2.4~表2.8。由表可以得出,平均值N=7.5击对应的承载力特征值 $f_{ak}=181.68$ kPa,密实程度为稍密-中密;平均值N=10.6击对应的承载力特征值 $f_{ak}=331.34$ kPa,密实程度为稍密-中密。

表2.5 ①砾砂层标准贯入试验(N)成果统计表

标准贯入锤击数 N 统计				
地层名称 样本个数(n) 范围值 min~max(击) 平均值(击) 标准差(σ)				
①砾砂	6	6.0 ~ 9.0	7.5	0.000

表2.6 ②细砂(Q4al+pl)标准贯入试验(N)承载力特征值成果统计表

标准贯入试验(N)承载力特征值成果统计				
地层名称 样本个数(n) 范围值 min ~ max(f _{ak}) 平均值(f _{ak}) 标准差(σ)				
①砾砂	6	160.381 ~ 202.986	181.683	0.000

表2.7 ②-1强风化板岩层重型圆锥动力触探试验(N635)成果统计表

重型圆锥动力触探锤击数 N _{63.5} 统计				
地层名称 样本个数 范围值 min ~ max(击) 平均值 标准差(σ)				
②-1 强风化板岩 6 9.0~12.6 10.6 0.377				

表2.8 ②-1强风化板岩层重型圆锥动力触探试验(N635)成果统计表

标准贯入试验(N)承载力特征值成果统计				
地层名称 样本个数 范围值 min~max(fak) 平均值 标准差(σ)				
②-1 强风化板岩 6 286.335~390.889 331.335 0.377				

2.6.4.2 室内试验

为测定场地的物理性质,本次勘察在①砾砂(Q4^{al+pl})中采取了颗粒分析样。为判定场地对建筑材料的腐蚀性,在②强风化板岩(O-S)中采取易溶盐样进行土腐蚀性检验分析。

2.6.5 土的腐蚀性评价

依据GB 50021-2001(2009年版)附录G综合判定,该场地环境类别为III类。依据本次土腐蚀性试验分析结果,地基土对钢筋混凝土结构中的钢筋具有中腐蚀性,地基土对混凝土结构具有弱腐蚀性。腐蚀性评价详见表2.9~表2.11

表2.9 土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价

腐蚀等级	评价标准 Cl ⁻ 含量(mg/kg 土)	分析结果(mg/kg 土)	评价结果
微	< 400		
弱	400 ~ 750	2955 ~ 2730	中腐蚀性
中	750 ~ 7500	2933 ~ 2730	中腐氓性
强	> 7500		

表2.10 土对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等	腐蚀介质	评价标准	分析结果	评价结果
微		< 750		
弱	SO_4^{2} -(mg/kg \pm)	750 ~ 4500	2717 ~ 3690	ᄙᄻᆉ
中	5O ₄ (IIIg/kg ⊥.)	4500 ~ 9000	2717 ~ 3090	弱腐蚀性
强		> 9000		
微		< 4500		
弱	Mg ²⁺ (mg/kg 土)	4500 ~ 6000	211 ~ 283	微腐蚀性
中		6000 ~ 7500		
强		> 7500		

表2.11 按地层渗透性土对混凝土腐蚀性评价

评价项目	类别	评价标准	实验数据	腐蚀等级	评价结果
pH 值	A	> 6.5	7.96 ~ 7.99	微	微腐蚀性

2.6.6 地基土的冻胀性评价

根据GB 50007-2011《建筑地基基础设计规范》附录F及DB62/T 25-3063-2012《甘肃省地方标准岩土工程勘察规范》附录G确定,酒泉市金塔县标准冻土深度为120 cm,为季节性冻土。

根据GB 50007-2011附录G判定,因拟建场地内地层主要为①层砾砂(Q_4^{al+pl})、②层板岩(O-S),①层砾砂(Q_4^{al+pl})属于开挖范围内土,故不考虑冻胀性,②层板岩(O-S)按不冻胀考虑。

2.6.7 场地稳定性与适宜性评价

2.6.7.1 不良工程地质现象

勘察期间,该拟建场地在勘探点位置的勘探深度内,未发现有埋藏的古河道、沟浜、墓穴、防空洞等对工程不利的埋藏物,场地及周边区域地形相对平坦、开阔,无泥石流、滑坡、崩塌等危机工程安全的不良地质现象。

2.6.7.2 场地土类型及建筑场地类别划分

根据本次勘察揭露,该勘察区域内分布主要为①层砾砂(Q₄^{al+pl})、②板岩(O-S),板岩层厚度大,强度高,场地内分布稳定、连续。

依据GB 50011-2010(2016年版)《建筑抗震设计规范》4.1.3.3条,对丁类建筑及丙类建筑中层数不超过10层、高度不超过24 m的多层建筑,当无实测剪切波速时,可根据岩土名称和性状,按表2.12划分土的类型。

土的类型	岩土名称和性状	土层剪切波速范 围(m/s)
岩石	坚硬、较硬且完整的岩石	$v_{\rm s} > 800$
坚硬土或软质岩石	破碎和较破碎的岩石或软和较软的岩石, 密实的碎石土	$800 \ge v_{\rm s} > 500$
中硬土	中密、稍密的碎石土,密实、中密的砾、粗、中砂, $f_{ak} > 150$ 的黏性土和粉土,坚硬黄土	$500 \ge v_{\rm s} > 250$
中软土	稍密的砾、粗、中砂,除松散外的细、粉砂, $f_{ak} \le 150$ 的黏性土和粉土, $f_{ak} > 130$ 的填土,可塑新黄土	$250 \ge v_s > 150$
软弱土	淤泥和淤泥质土,松散的砂,新近沉积的黏性土和粉土, $f_{ak} \leq 130$ 的填土,流塑黄土	$v_{\rm s} \le 150$

表2.12 土的类型划分和剪切波速范围

根据岩土名称和性状,确定土的类型为坚硬土。结合当地经验估算,本场地中②板岩层(O-S)剪切波速范围为 $800 \ge v_s > 500 \text{ m/s}$ 。依据 GB 50011-2010(2016年版)第4.1.3条和4.1.6条,综合确定本场地土类型 为坚硬场地土,确定建筑场地类别为 I_1 类。

2.6.8 场地地震效应分析评价

2.6.8.1 液化性评价

本场地地下水位埋深大,含水层为板岩层,且没有饱和的砂土层,可以不考虑地震液化现象对场地稳定性的影响。

注: f_{ak} 由荷载试验等方法得到的地基承载力特征值(kPa); v_s 为岩土剪切波速。

2.6.8.2 对建筑抗震有利、不利和危险地段的划分

依据GB 50011-2010《建筑抗震设计规范》表4.1.1条说明判定: 东方新环极低放废物治理项目所在位置属于抗震有利地段。

2.6.8.3 抗震设防烈度及地震动参数

地震地质是论证场址适宜性不可忽视的重要因素。鉴于园区建设主要依托核燃料循环后处理设施的建设,而在前期选址工作中已针对核燃料循环后处理设施的安全要求进行了地震地质专题论证,确认在规划建设的核技术产业园区及其附近区域内处于构造运动和地震活动稳定地区,场址半径5 km范围的附近地区不存在地表能动断层,在场址近区域25 km范围内不存在发震构造。本项目场址位于已经前期已经论证过的核技术产业园区内,故不存在影响场址可接受性的地震地质因素。

根据现有资料和前期论证结果,本项目场址的地震地质背景处于河西走廊金塔盆地的北缘,靠近构造运动相对稳定的北山地区。受新构造时期青藏高原隆起的影响,区域范围内主要沿青藏高原发育北东和北西向两组活动断裂,其中北东向的阿尔金断裂离场址较远,而北西向的祁连山山前断裂和宽滩山-金塔断裂场址南部的祁连山前和河西走廊内。这两组区域性活动断裂控制了区域地震活动分布,如发生在1932年的昌马7.6级强震、公元180年高台西部的7.5级地震以及1785年酒西盆地的6.5级地震等等。

本项目场址区位于河西走廊的北端,靠近北山地区,构造运动和地震活动远远低于南部的祁连山前构造带,属于区域相对构造稳定的地区(见图2.13和图2.14)。

依据GB 50011-2010附录A规定,酒泉市金塔县地震设防烈度为7度,设计地震分组为第二组,设计基本地震加速度值为0.15 g。

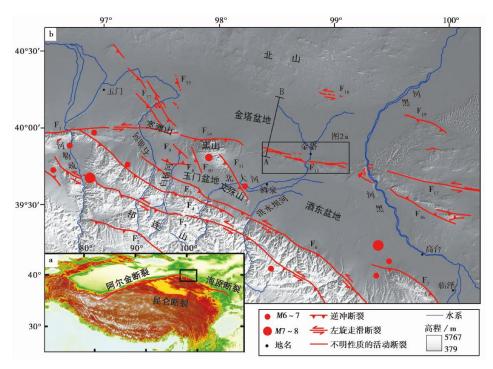


图 2.13 区域地震地质背景

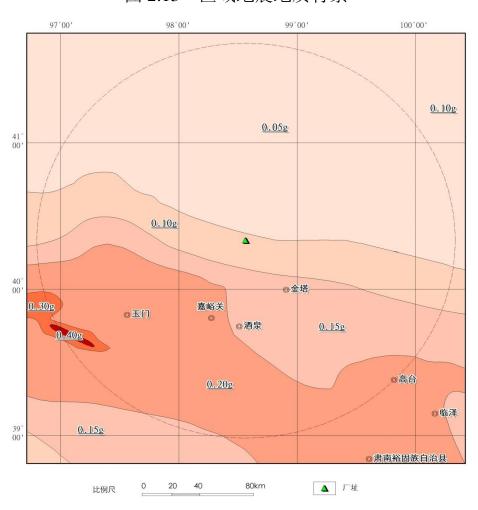


图 2.14 新一代地震动区划图

依据GB 18306-2015《中国地震动参数区划图》附录D场地类别划分(表D.1场地类别划分表)确定场地类别划分为I₁类。依据GB 18306-2015表C.28甘肃省城镇II类场地基本动峰值加速度值和基本地震动加速度反应谱特征周期指列表确定,场地位于金塔县西坝乡西北约29 km处,场址南距嘉峪关市直线距离约60 km,距酒泉市约66 km,东南距金塔县约50 km,西距玉门市约100 km,基本地震动峰值加速度值为0.10 g,基本地震动加速度反应谱特征周期值0.40 s。

综上所述,确定酒泉市金塔县西坝乡地震设防烈度为7度,设计地震分组为第二组,设计基本地震加速度值为0.10 g,基本地震动加速度反应谱特征周期值为0.40 s。

2.7 结论

- (1)本项目位于核技术产业生产区(低污低放类)M3地块,项目周围5km范围内无常住居民,无制约因素,选址合理可行。
- (2) 拟建场地地势平坦开阔,高程 1209.171~1210.538 m,相对高差为 1.367 m;场地土类型为坚硬场地土,场地类别属 I₁类;地基土自上而下主要由①砾砂、②-1 强风化板岩、②-2 中风化板岩及②-3 微风化板岩组成。场地地貌类型单一,地层结构简单,地基土分布均匀,属于抗震有利地段,场地适宜该工程建设。
- (3) 拟建场地环境类别属 III 类, 地基土对混凝土结构具有弱腐蚀性,对钢筋混凝土结构中的钢筋具有中腐蚀性。根据拟建场地地基土的腐蚀性特征,建议做好拟建建筑物混凝土结构与钢筋混凝土结构中钢筋的防腐措施。
- (4)本次勘察在勘探深度内未揭露到地下水,地下水位埋藏深度大,可不考虑地下水对拟建工程的影响。
- (5) 依据 GB 50011-2010(2016 年版)及 GB 18306-2015, 酒泉市 金塔县西坝乡地震设防烈度为 7 度,设计地震分组为第二组,设计基本地震加速度值 0.10 g,基本地震动加速度反应谱特征周期值为 0.40s。

综上所述,从场址地理位置、场区地质条件、场址所在区域环境 等方面综合分析,在现有场址建设极低放固体废物填埋场是适宜的。

第三章 工程概况

3.1 处置对象

3.1.1 处置范围和规模

本填埋场项目位于甘肃省酒泉核技术产业园区内的低污低放规划区,接收并处置来自于全国范围内的本工程接收的废物主要来自核电站(过滤器芯等)、核设施退役产生的极低放废物(污染建筑物、污染土、废渣等)和核燃料循环设施(氟化钙渣等)以及核技术利用过程产生的极低放废物。

极低放废物的总处置规模为 1.5×10⁵m³, 按照年填埋极低水平放射性废物 5000 m³, 运行年限 30 年, 填埋场东面预定一定场地, 待后期扩建使用。

3.1.2 填埋处置源项

根据现行放射性废物分类的规定,极低放废物的放射性核素活度浓度接近或者略高于豁免水平或解控水平,其中长寿命放射性核素的活度浓度非常有限,其活度浓度下限值为解控水平,上限值一般为解控水平的 10~100 倍。常见极低放废物为核设施退役过程中产生的污染土壤、建筑垃圾、极低放的空气滤芯等。

- (1) 极低放废物的来源及量
- ▶核电厂运行产生的极低放废物

参考大亚湾核电站,核电站废过滤器芯产量约 5~15m³/(年堆),考虑到全国核电累计运行约 360 堆年。截止 2019 年 12 月估计累计运行期产生的废过滤器芯约 0.5 万 m³。

每个核电机组在运行和检修过程中产生一些极低放的建筑垃圾等,预计每年约 $10~30~\text{m}^3$ /(年堆),截止目前累积运行产生的极低放建筑垃圾约 $1~\text{万~m}^3$ 。

▶ 核燃料循环设施

参考中核北方核燃料元件有限公司(202厂),目前,202厂退役

产生的混凝土和相关技术废物约 8 万 m³, 考虑到后期的增加, 在十四五科工局退役计划中, 202 厂预估产生的极低放废物约为 10 万 m³, 其中约 80%是极低放的建筑垃圾, 20%为氟化钙渣。

考虑到燃料循环设施还有 272 厂、405 厂、504 厂、814 厂和 812 厂,这些设施产生的极低放废物保守按总计 7 万 m³ 考虑。

▶ 中国原子能科学研究院

中国原子能科学重水研究堆即将退役,退役将产生大量的极低放废物,考虑该堆型为我国首座重水堆退役,其产生的低放废物按照大堆退役的50%来考虑,约0.8万m³,再考虑401其他设施产生的极低放废物,合计按照1万m³。

▶ 核技术利用

国内核技术利用目前产生的极低放废物约 0.5 万 m³。

▶ 核电厂退役极低放废物

根据相关设计资料,每台 ACPR1000 机组退役产生低放废物约为 0.8 万立方米,极低放废物按照低放废物的 1.5 倍考虑,则极低放废物产量 1.2 万立方米/(堆),仅考虑 47 台在运和 13 台在建机组的退役,估计由此产生的极低放废物量约为 72 万立方米。

综合上述数据,在近期不考虑商用核电站退役的前提下,需要处置的极低放废物的量约为 20 万 m 3。

(2) 极低放废物主要核素及核素比活度

本工程接收的废物来自核电站(过滤器芯等)、核设施退役(污染建筑物、污染土、废渣等)、核燃料循环设施(氟化钙渣等)和核技术利用过程产生的极低放废物。核电站废物来源及源项参照北龙处置场接收的核电废物,废物中的主要核素为 H-3、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239。核设施退役废物来源及源项参照八二一、四0四厂产生的极低放废物,主要核素为 Co-60、Sr-90、Cs-137、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U-238、Am-241 等。核燃料循环设施产生的污染物主要污染核素为 U-234、U-235 和 U-238。核技术利用过程中涉及的主要放射性核素为 Co-60、H-3、C-14、F-18、I-131、Tc-99m、Ga-68、Ge-68等,其中大部分为短寿命核素,暂存

衰变后处理,仅有部分含 Co-60、H-3、C-14 等较长半衰期的放射性 废物需送填埋场处理。

综上所述,本工程接收的主要核素包括 H-3、C-14、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U(U-238、U-235、U-234)、Am-241。不同废物来源废物包中核素浓度见表 3.1。

废物包中核素的活度浓度平均 活度浓度范围* 废物来源 核素 值(Bq/g)* (Bq/g)Cs-137 0.1~10 1.00E+00 Co-60 $0.1 \sim 10$ 2.50E+00Sr-90 0.1~100 2.00E+00核电站 Ni-63 10~10000 7.00E+021.00E-010.1~10 C-14 Pu-239 0.001~0.1 1.00E-02 H-3 1~1000 5.00E+00Eu-152 0.01~10 1.00E-01 Eu-154 0.01~10 1.00E-01 Np-237 0.01~1 3.00E-01 Pu-239 0.001~0.1 2.00E-02 核设施退 Am-241 $0.001 \sim 0.1$ 4.00E-02 役 Co-60 $0.1 \sim 10$ 4.00E-01 Ni-63 1~10000 4.00E+02Sr-90 1~100 3.00E+01Cs-137 $0.1 \sim 10$ 3.00E+000.1~50 燃料循环 U 5.60E+00

表 3.1 本填埋场项目废物包中的核素源项

注: *: 部分核素活度浓度范围有小于 GB27742-2011 给出的核素活度浓度 豁免值,原因为此表针对全部废物进行调查和平均。

(3) 废物接收限值

▶ 人工放射性核素

根据调查,本次填埋废物人工放射性核素均小于 GB/T 28178-2011《极低水平放射性废物填埋处置》中表 1 给出的核素活度浓度指导值,因此,废物体中的人工放射性核素比活度需满足 GB/T 28178-2011《极低水平放射性废物填埋处置》中表 1 给出的核素活度浓度指导值。含多种人工放射性核素的极低放废物,其中每一种人工放射性核素的活度浓度值与各自的活度浓度指导值的比值之和应不大于 1,即应满足下式:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i}{C_{io}} \le 1$$

式中: C_i —极低放废物中核素 i 的活度浓度,单位为 Bq/g; C_{io} —核素 i 在极低放废物中的活度浓度指导值,单位为 Bq/g; n—极低放废物中人工放射性核素的种类数。

> 天然放射性核素

本填埋场还将接收核燃料循环设施生产及退役过程产生的一些废物,这些废物基本上为 U 污染的废物,经调查,这些废物中的 U 浓度水平基本<50Bq/g,平均值为 5.6Bq/g。废物中核素 U 最大比活度大于 GB/T 28178-2011 给出的天然放射性核素的指导水平:"对于单一批次的极低放废物,U 的平均活度浓度应不大于 10Bq/g,同时保证每个填埋单元内 U 的平均浓度不大于 1。"根据 GB/T 28178-2011 中5.3.3 节,"对于处置条件明显优于本标准所假定处置条件的填埋场(如深层废矿井等),通过剂量评价和优化分析,经监管部门批准,可适当提高极低放废物的处置活度浓度。"本填埋场位于西北干旱地区,地下水埋深很深,有利于极低放废物的填埋,本填埋场将 U 的活度浓度指导值定为 50Bq/g。在本报告书第六章,将对 U 处置活度浓度提高后的环境影响进行评价。

本工程废物包中核素的活度浓度指导值见表 3.2,

核素	活度浓度指导值(Bq/g)	核 素	活度浓度指导值(Bq/g)
H-3 1.00E+03		Eu-152	1.00E+01
C-14 1.00E+01		Eu-154	1.00E+01
Co-60 1.00E+01		Np-237	1.00E+00
Ni-63 1.00E+04		Pu-239	1.00E-01
Sr-90	1.00E+02	Am-241	1.00E-01
Cs-137	1.00E+01	U	5.00E+01

表 3.2 极低水平放射性废物包的活度浓度指导值

(4) 废物接收源项

根据调研,假定本工程接收废物来自核电站、核设施退役(包括核技术利用)、核燃料循环设施的份额为 10%、50%、40%。此外,关于废物的密度,一般的土壤容重为 1.0~1.5 kg/L(堆积密度),密度

为 2.6 ~ 2.7 kg/L; 混凝土一般密度为 2.3 kg/L。故保守考虑,所有废物的堆积密度取 3.0 kg/L。本填埋场项目的处置规模 1.5×10⁵m³,根据废物包平均密度约为 3.0×10³ kg/m³,则全部装填后处置的总废物质量为 4.5×10⁸ kg。经计算,本工程废物源项估算见表 3.3。假定每年处置的废物量和核素相同,考虑核素的衰变,则填埋场关闭时的核素活度见表 3.3。由表可以看出,本工程处置核素的活度为 1.32×10¹⁴Bq。

废物包中核素 填埋场关闭时 活度浓度指导 工程处置核素 (30年)的源 核素 的活度浓度平 活度限值(Bq) 值(Bq/g) 均值(Bq/g) 项 (Bq) Cs-137 10 1.60E+00 5.20E+11 7.20E+11Co-60 10 4.50E-01 2.03E+115.05E+10 Sr-90 100 1.52E+01 6.84E+124.89E+12 Ni-63 10000 2.70E+021.22E+141.10E+14C-14 10 1.00E-02 4.50E+09 4.49E+09 4.50E+09 Pu-239 0.1 1.00E-02 4.50E+09 H-3 1000 5.00E-01 2.25E+11 1.09E+11Eu-152 10 5.00E-02 2.25E+101.14E+10Eu-154 10 5.00E-02 2.25E+108.63E+09

表 3.3 本填埋场项目废物包中的核素源项

1.50E-01

2.00E-02

4.96E+00

1.60E-01

4.80E-01

5.18E+02

6.75E+10

9.00E+09

2.23E+12

7.20E+10

2.16E+11

1.32E+14

6.75E+10

8.79E+09

2.23E+12

7.20E+10

2.16E+11

1.18E+14

3.2 填埋场规划和平面布置

1

0.1

44

1.5

4.5

Np-237

Am-241

U-234*

U-235*

U-238*

合计

3.2.1 填埋场规划及建设内容

填埋场项目总建筑面积 35200m², 规划总用地 66600m², 其中生产建筑用地 46450m², 道路广场用地约 4800 m², 其他为绿化等用地。行政办公、生活服务设施以及厂区辅助设施利用废物减容处理项目。本项目主要新建内容有: 物流站、整备车间和填埋单元。本项目主要建设内容如下表 3.4 所示。

注: *: U-234、U-235、U-238 活度浓度指导值按照 U 浓度 50Bq/g、U-235 丰度为 5%推导得出。

表 3.4 极低放废物填埋场主要建设项目一览表

序号	性质	建筑物名称	建筑面 积(m²)	占地面积 (m²)	层数
1	主体工程	废物填埋单元	31200	43050	地下填埋单元
2	和女训站	物流站	2800	2400	单层,局部二层
3	配套设施	整备车间	1200	1000	单层,局部二层

3.2.2 总平面图

填埋场工程分为预处理区和填埋区。其中预处理区主要设施为物流站和整备车间、填埋区主要设施为填埋单位。本工程总平面布置见图 3.1。

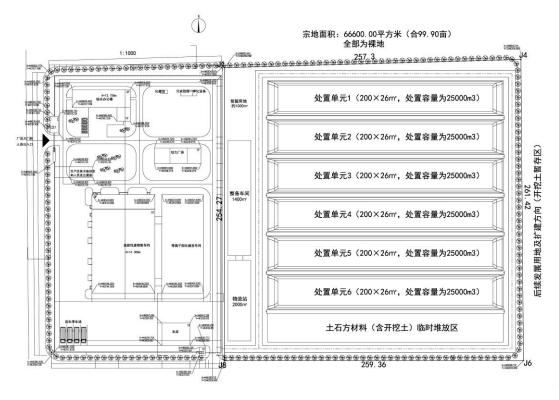


图 3.1 极低放废物填埋场总平面布置图

(1) 预处理区

预处理区主要设施包括物流站、整备车间。考虑废物的运输路线, 物流站设在场区入口处,位于西南角。整备车间与物流站相邻,位于 场区西侧。

(2) 填埋库区

填埋库区位于预处理区东侧,建设6个填埋单元,填埋单元内设 有遮雨棚。填埋库区与预处理区采用绿化带进行隔离。

3.2.3 出入口控制

厂区大门及围墙为厂区周界及出入口控制系统。厂区大门包括西门和南门。其中西门为人员和废物进出口,与低放废物减容处理项目共用废物进出口,南门为建设物料进出口。厂区围墙为厂区周界的铁艺围栏,高度为 2.5m。

3.3 填埋场工程设计

3.3.1 填埋单元

填埋单元是填埋场最基本的,也是最重要的构筑物,是防止放射性废物与地表水、地下水接触的主要工程屏障。根据场址的特征,本填埋单元采用地下式填埋单元,填埋单元的初步设计参数如下:

- ▶ 填埋单元长为 200 m;
- ▶ 最宽处为 26 m, 地面以下 11 m:
- ▶ 单个处置容量约 25000 m³。

根据填埋场总图布置,填埋库区布置拟建场地预处理区以东,规划6个填埋单元,编号1-6。主脊线、中间分隔堤东西向布置。整个填埋库区呈矩形,东西向场200m,南北向宽192m。

填埋单元示意图见图 3.2。

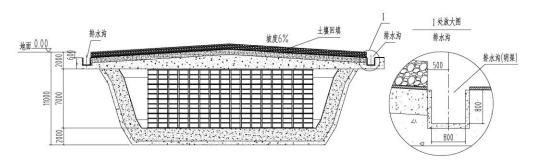


图 3.2 填埋单元示意图

根据 GB/T 28178-2011 的要求,填埋单元主要包括基础层、防渗层、处置层和覆盖层。以下对填埋单元的各层进行说明。

▶基础层

基础层应将地基土壤夯实,达到设计要求的密实度,保证废物填埋单元在各种条件下的长期稳定性。

▶ 防渗层

防渗层根据拟填埋废物的特性和场址的岩土特性、当地的气候条件和防渗材料的可获得性以及技术经济比较,采用人工材料膜(如高密度聚乙烯 HDPE 或膨润土防水毯 GCL等)。防渗材料性能参见标准 GB/T 28178-2011 附录 C,防渗层结构示意见图 3.3,各层厚度见表 3.5。

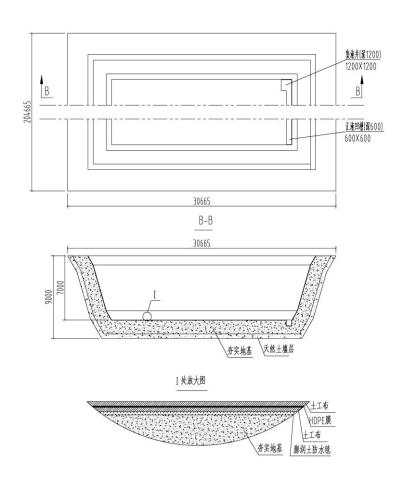


图 3.3 防渗层结构示意

填埋单元底板(即防渗层)应设计有 0.5~1%的坡度,在填埋单元的右边设置截面为 500×500 mm 的汇液凹槽和 1000×1000×1500 mm (长×宽×深)的集液井,积水经汇液凹槽流入集液井,再由渗析水驳运泵将积水引入埋地收集罐中。

表 3.5 防渗层各层厚度

序号	材料名称	厚度(mm)	面积(m²/单元)
第1层	土工布	6	7150
第2层	HDPE 膜	2	7150
第3层	土工布	6	7150
第4层	膨润土防水毯	4.2	7150
第5层	夯实地基	1500	7150

▶ 覆盖层

覆盖层的设计应考虑当地气象条件、人员和动物的活动情况。其使用材料性能参见标准 GB/T 28178-2011 附录 C,覆盖层结构示意图见图 3.4 和表 3.6。

序号 材料名称 厚度(mm) 面积(m²/单元) 7150 第1层 砾石层(防生物层) 600 第2层 土工布(保护层) 7150 6 7150 第3层 高分子渗排水片材料(排水层) 50 7150 第4层 土工布 6 7150 夯实土壤层 第5层 600 第6层 天然土壤层 750 7150

表 3.6 覆盖层各层厚度

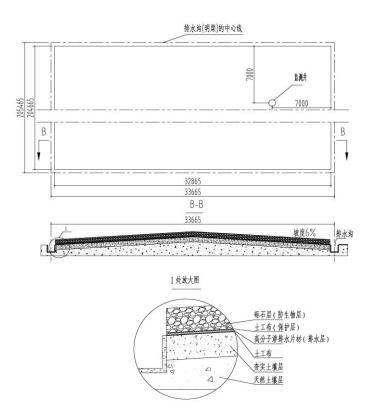


图 3.4 覆盖层结构示意

3.3.2 填埋场地排水系统

填埋场的排水设施是防止放射性废物与雨水或地下水直接接触的工程屏障之一,用于保证降落在填埋场地面上的雨水畅通排走,和 渗入填埋单元内的积水能及时排走,排水设施由场区地面排水系统和 渗析水收集与导排系统组成,各系统说明如下。

3.3.2.1 场区地面排水系统

为了减少雨水的入渗率,在处置区最终覆盖后,覆盖层顶部做成6%的坡度,在处置区四周设800×800mm的明渠收集雨水,雨水排水设计按重现期100年计,按200年校核,详见图3.2。

3.3.2.2 渗析水收集与导排系统

渗析水收集、监测与排放系统的作用是通过驳运水泵,将渗入填埋单元的积水输送至渗析水收集罐,经监测,符合排放标准(总α≤1Bq/L,总β≤10Bq/L)的排入园区的下水管网,否则送有资质单位进行处理,从而保证填埋场不会受到二次污染。该系统由渗析水收集罐,渗析水驳运水泵,取样装置,管道阀门等组成,见图 3.5。

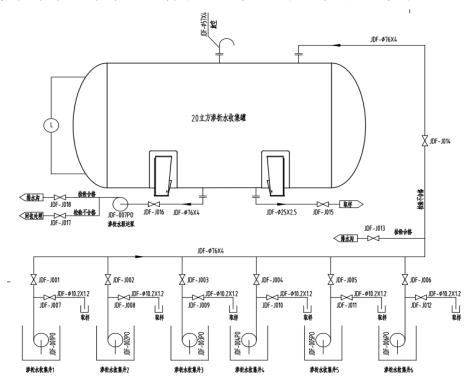


图 3.5 渗析水收集、监测与排放系统

3.3.3 辅助设施(预处理区)

辅助设施(预处理区内)包括物流站和整备车间,废物接收主要在物流站和整备车间完成。极低放废物从入填埋场至送入填埋单元进行处置前,暂存于预处理区,经由检测、分类、压缩处理等操作后,再根据现场工作安排送入填埋单元处置。

3.3.3.1 物流站

物流站建筑长 120m, 宽 20m。地上一层(局部两层), 采用轻钢结构, 层高 10m。建筑高度为 10.25m。

物流站主要用于卸车、检测,分类,对部分待处置的废物进行暂存,需要进一步减容处理的送至整备车间,不能直接处置的,送至物流站暂存区暂存库,填埋单元可以接收,送至填埋单元进行处置。物流站内的设施主要有装卸吊车、叉车等。

物流站位于填埋场西南角,靠近填埋场区入口,便于废物接收入库。物流站设置三处门,分别为东、西、北门。其中西门设置在填埋场车流入口附近,便于废物车从场外驶入站内。规划物流站内设置土工材料暂存区、办公区、称重区和废物暂存区。办公区考虑设置在物流站的西南角二层处,与物流站西门靠近,便于观察废物入库的情况。物流站平面布置见图 3.6。

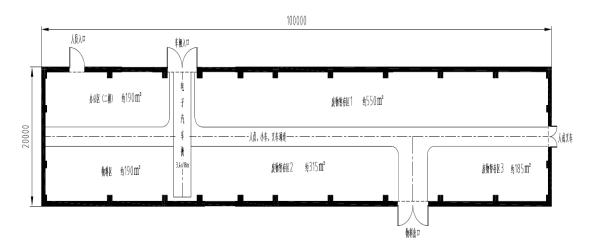


图 3.6 物流站功能划分图

3.3.3.2 整备车间

整备车间在物流站北侧,为地上一层,局部地上二层。占地 1000.00m², 建筑面积 1200m², 建筑高度 10m。站内设有办公区、废物压缩区和废物暂存区。其中办公区位于二层,设有控制室、配电室及卫生间。整备车间四面均设有大门,经由物流站登记后的废物,分类后,如需要进行压缩处理,可经由物流站北门运出,从整备车间南门进入,可存放于待压缩废物暂存区。经由车间东北角废物压缩区内的压缩减容设备处理,压缩后的废物存放于已压缩废物区。如物流站内废物暂存区已满,可考虑送入整备车间,车间里已规划废物暂存区。

平面布置示意图见图 3.7。

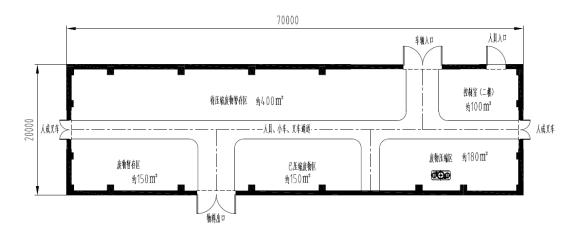


图 3.7 整备车间功能划分图

整备车间计划布置 1 台压缩减容设备,用于对废物进行压缩减容,减少处置空间的需求,也可以暂存一定的待处置或待压缩的物料,设施主要有压缩减容设备、装卸吊车、叉车等。

3.4 废物的处置

废物处置过程分为: 检测接收,安放就位,回填封顶,覆盖植被四个阶段。简要描述如下:废物包装体由专用运输车运至填埋场入口,工作人员对废物包装体进行检测,不符合接收标准的退回产生单位,符合接收标准的,判断是否需要压缩减容,若需要送至整备车间进行压缩减容;可直接处置的送至填埋单元处置。安放就位由设在挡雨房内的吊车完成,完成填埋单元一层废物的安放后,对填埋废物进行分

层铺设和压实,压实前在废物之间用沙土填充,平整压实,以利上一层铺设作业的进行。填埋过程中,考虑防雨和防止粉尘飞扬措施。一个填埋单元填埋后,立即建造覆盖层,把废物覆盖起来。

废物处置流程如下图 3.8 所示。

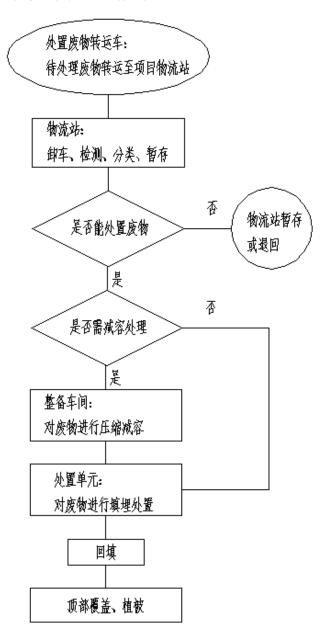


图 3.8 处置流程示意图

3.4.1 废物的接收

废物包装体由产生单位作标记,检测并填写废物卡片后,用废物运输车送至物流站内,由废物接收人员对废物卡片进行核对。应对送

处置的极低放废物中的核素活度浓度进行抽样检查,所接收的极低放 废物的活度浓度应满足相关规定。

同时,接收的废物中不应含易燃、易爆、易发生激烈反应或易产 生有毒气体等可能影响填埋场安全的危险物品。接收废物时应交接相 关废物包的文件,并把全部信息输入数据库保存。

3.4.2 废物的暂存和处理

废物运输车将废物送至物流站入库暂存,检测合格后可驶离场区,根据实际情况合理安排暂存废物送入填埋单元。对于需要进一步减容处置的废物(通风过滤器芯)送至整备车间,通过压缩减容设备(减容比为3)对废物进行减容处理,减少处置空间的需求。

整备车间设有一台超压机,用于对废物包进行压缩减容,超压机主体主要包括:超压机主体、输送装置、废液收集装置、废气收集处理装置等组成,超压机示意图见图 3.9。。



图 3.9 超压机示意图

超压机系统流程如图 3.10 所示,详细运行方式为:

- ①废物袋运输至废物袋输送工位后,启动废物袋输送装置,将废物袋输送至超压机前,定位准确后停运:
- ②压缩机压模下落,落至底座,并与底座形成密封压腔后开启废 气、废液处理装置:

- ③待压力负压后,穿刺机构动作,液压系统控制刺穿机构将废物 袋刺穿,穿刺结束后退出;
- ④启动压缩动作,系统控制超压机压头进行压缩工作,待检测到 压力达到设定值时,维持一定压缩时间后控制压头抬升至初始状态;
 - ⑤控制系统自动关闭废气、废液系统, 抬升压模具至初始位置;
 - ⑥废物袋压缩后重新装袋,装袋后输送至已压缩废物区暂存。

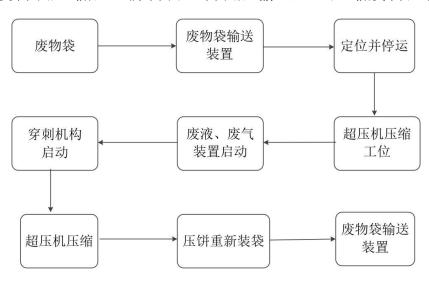


图 3.10 超压机系统流程图

超压机设有废液收集装置、废气收集处理装置,能够收集压缩过程中产生的废液、废气,防止泄露至环境中。同样废气系统能够阻止超压过程中的粉尘进入环境中。

废液收集装置由废液通道,过滤筛,真空泵,废液暂存箱构成。 废液通道在超压机底座上,过滤筛是防止在超压过程中对废液通道产 生堵塞,真空泵为废液的排出提供动力,利用真空泵统一收集至废液 暂存箱,然后运输至有资质单位进行处理。

废气收集处理装置由排风扇、高效过滤器、压差报警装置等构成。 排风扇保持超压作业腔的负压状态,高效过滤器是过滤废气中气溶胶 及粉尘等。废气收集处理后的废气最终排放到大气环境中。

为方便搬运和填埋操作,极低放废物包装在有一定强度的、柔韧性较好的软包装袋中,防止在搬运或运输过程中出现包装袋破裂或穿孔,而造成废物泄漏和洒落。对属于极低放废物的大型物件,可以裸运,但应采取措施保证在转运过程不会发生破碎与洒落。

3.4.3 废物的安放

为便于管理,填埋场采用极低放废物混装的方式,装满一个填埋单元后即将其封闭,以确保环境安全。废物转运至填埋单元后,由吊车控制室中的操作工用吊车将废物袋吊起,然后送至填埋单元中指定位置,并将其坐标进行登记,存入档案,以便以后进行跟踪管理。

根据国内外的处置经验,本次填埋计划采用直径 1 m、高度 1 m 的包装袋承装废物。故单个货包的体积为 0.7854 m³,年处置极低水平放射性废物 5×10³ m³,故年处理货包数量约为 6365 个,根据填埋单元设计,初步计划码放 7 层,不考虑每层的差别,故每层的货包数约为 4547 个。在待处理的原始废物货包中,有部分废物要在整备车间进行压缩减容操作,保守假设单个货包内需要压缩减容的货包量占总处置量的 10%,数量为 636 个,假设废物的压缩比为 3,故该部分原始待压缩的废物量大约为 1900 个。因此,年处理的原始货包数量约为 7265 个。废物填埋操作示意见图 3.11。



图 3.11 极低放填埋场填埋操作

3.4.4 回填、封顶

填埋单元装满废物后,用泥土回填,填充填埋单元内的所有空隙。 充填结束后,即可铺设覆盖层材料。此时可将挡雨棚和吊车拆下来装 到下一个单元使用。

3.4.5 覆盖

一部分填埋单元封盖后,在不影响其它填埋单元操作的情况下,可以逐步地进行覆盖。覆盖层分为 6 层,从上至下分为砾石层(防生物层)、土工布(保护层)、高分子渗排水片材料(排水层)、土工布、压实土壤层、天然土壤层。各层厚度分别为 600mm、6mm、50mm、6mm、600mm 和 750mm。

3.4.6 施工运行计划

填埋场工程每次开挖一个填埋单元,待一个单元填满之后,再开挖第二个填埋单元。根据初步的平面布置图。施工顺序从1号填埋单元开始,依次为2-3-4-5-6号填埋单元。1号填埋单元建设过程中挖出的土石临时堆砌在厂区的南侧,后续2-3-4-5-6号填埋单元的开挖的土石用于前一个填埋单元的覆盖,减少土石方转运的工程量。

两个填埋单元之间预留有3米的间距,后续开挖的填埋单元不会 影响前一单元的稳定性。

3.4.7 填埋处置工艺控制系统方案

为了保证填埋场正常运行,本填埋场场设置了 10 个运行系统,各系统功能见表 3.7 所示。

表 3.7 处置工艺控制系统设计方案

序号	系统名称	功能
1	处置工艺系统	接收和处置固体废物,并保证工作人员和公众受照剂量符合国家有关标准。
2	渗析水收集和 监测系统	渗析水将统一收集暂存,定期对收集罐中的渗滤液进行 监测,符合排放标准(总 α≤1Bq/L,总 β≤10Bq/L)的排 入园区的下水管网,否则送有资质单位进行处理。
3	给排水系统	供填埋场消防用水,收集、排放雨水
4	环境和地下水 监测系统	通过各种途径监测填埋场内因废物泄漏对周围环境可能造成的污染,从而采取措施减少影响。
5	辐射监测系统	通过对废物包、个人剂量、表面污染及空气样品的监测,保证填埋场工作人员和周围公众免遭过量的辐射危害。
6	场区消防和火 灾报警系统	为填埋场提供消防用水,火灾报警控制器,联动控制器, 火灾自动探测器,手动报警按钮及电源装置
7	仪表系统	对填埋场的场区给排水系统,渗析水收集、监测和排放 系统运行所需的液位、温度等参数进行监测、显示、报 警和自动控制。
8	供电系统	为填埋场内所有用电设备提供 380V/220V 低压电源,并 在正常电源失电的情况下保证必要设备供电
9	通讯系统	解决填埋场对内、对外的话音传输及交换
10	照明系统	为填埋场内全部工作场所提供合适的照度水平, 在应急 情况为重要场所提供足够的照度水平。

3.5 三废的产生及处理

3.5.1 施工期主要污染物的产生及处理

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、固体废物和噪声。

(1) 废气

项目施工废气主要来源于基础工程中土石方开挖产生的粉尘,土石方、建筑垃圾及建筑材料运输产生的二次扬尘,施工现场材料堆放产生的扬尘。

项目施工机械和运输车辆产生的尾气。施工机械主要包括挖掘机、装载机、推土机、压路机、起重机等,以柴油为燃料,会产生一定量废气,包括 NOx、HC 等,但产生量不大,影响范围有限。

(2) 废水

施工期废水主要来自施工人员产生的生活污水和基础施工废水。 施工作业期间产生的施工废水主要来源于工程养护、建材保湿产 生的废水、施工作业泥浆水以及施工车辆、施工场地的冲洗废水,主 要污染物为泥沙、SS 以及少量的石油类。施工废水用于场地喷洒降

施工人员生活污水产生量以 $0.06~\text{m}^3/\text{d}$.人计,施工人员 100~人,则生活污水的产生量约为 $6.0\text{m}^3/\text{d}$,主要污染因子为 $COD \setminus SS \setminus NH_3-N$ 。在施工现场设置临时旱厕,定期清运。

(3) 固体废物

尘。

工程施工期产生的固体废弃物主要包括土石方、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

填埋场土石方挖方量为 37.9 万立方米, 填方了为 22.5 万立方米, 剩余的 15.4 万立方米土石方堆放在厂区南面的土石方暂存区, 在填埋场覆盖时再利用, 不能利用的送建筑垃圾填埋场。

建筑垃圾主要为工程建设中产生的包装材料、工程渣土等固体废物,建筑垃圾产生量约 200t。对建筑垃圾、工程渣土进行回用,不能利用的妥善堆放、覆盖,工程结束后,及时清理。

施工人员的生活垃圾按人均产生量估算,按每人每日 0.5 kg 计,施工人员 100 人,则生活垃圾产生量约为 0.05 t/d, 生活垃圾收集后送垃圾场填埋处理。

(4) 噪声

项目施工期噪声包括施工设备噪声、施工作业噪声和车辆噪声,其中影响最大的为施工设备噪声。施工期噪声有以下特征:施工期间使用的机械设备较多、噪声源强高,且施工机械位置具有不确定性。

3.5.2 运行期主要污染物的产生及处理

(1) 废水

正常运行情况下,填埋场废水来源包括填埋单元的渗析水、超压过程中收集的废水和工作人员的生活废水。

填埋单元下方可能收集到渗出水。在没有填埋废物前收集的是雨

水,可直接排入排水沟。废物填埋过程都是在移动仓房内作业,只有在填埋单元覆盖层出现严重质量问题(如裂缝),才可能收集到接触了废物的渗出水,填埋单元产生的渗析水将统一收集暂存,定期对收集罐中的渗滤液进行监测,经监测,符合排放标准(总 α≤1Bq/L,总β≤10Bq/L)的排入园区的下水管网,否则将渗析水送有资质单位进行处理。按照目前的运行经验和设计,正常运行期间渗析水基本不产生。

超压过程中产生的放射性废水统一收集至废液暂存箱,然后运输至有资质单位进行处理。

本工程行政办公、生活服务设施以及厂区辅助设施均利用废物减容处理项目已有的建筑、设备和设施。本工程运行期间工作人员生活污水均经由废物减容处理项目已建生活废水处理设施统一处理。

(2) 废气

极低放废物用包装袋包装,正常填埋工况下不会有放射性物质泄漏到环境空气中。

在废物进行超级压缩过程中,会有少量的带有放射性的粉尘进入空气中,产生的废气经超压机自带的废气收集处理系统收集过滤后(过滤器为高效过滤器,计算时过滤效率取 99.9%)通过厂房烟囱高出屋顶 7m 排放(厂房高 10m,烟囱高度为 17m)。根据 3.4 节,本工程年压缩废物约 1900 袋固体废物,保守假定压缩过程中有 1%的固体废物进入到空气中形成气溶胶(固体废物为低弥散性物质,一般情况下不会进入到空气中,在受外力大的扰动情况下,1%的弥散性是保守的),超压过程放射性核素的年释放量计算公式如下:

$$Q = \rho \cdot V \cdot C_1 \cdot \kappa \cdot (1 - \eta)$$

式中: ρ 一废物密度, 假定为 3000kg/m³;

V一年压缩处理废物的体积,为 1900 袋 \times 0.7854 m³/袋=1492m³

 C_i 一核素 i 的平均比活度,Bq/g,见表 3.8;

κ一固体废物的弥散系数,取1%;

 η 一过滤器过过滤效率,取 99.9%。

超压过程放射性核素的年释放量见下表 3.8。

表 3.8 超压过程放射性核素的年释放

核素	废物包中核素的活度浓 度平均值(Bq/g)	超压过程核素的年释放 量(Bq)
Cs-137	1.60E+00	7.16E+04
Co-60	4.50E-01	2.02E+04
Sr-90	1.52E+01	6.80E+05
Ni-63	2.70E+02	1.21E+07
C-14	1.00E-02	4.48E+02
Pu-239	1.00E-02	4.48E+02
H-3	5.00E-01	2.24E+04
Eu-152	5.00E-02	2.24E+03
Eu-154	5.00E-02	2.24E+03
Np-237	1.50E-01	6.71E+03
Am-241	2.00E-02	8.95E+02
U-234*	4.96E+00	2.22E+05
U-235*	1.60E-01	7.16E+03
U-238*	4.80E-01	2.15E+04
合计	5.18E+02	1.32E+07

(3) 固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要有工作服、抹布、劳保用品以 及更换的废过滤器芯等,属于极低放废物,收集后在本填埋场统一填 埋处理。运行过程中工作人员产生的少量生活垃圾,收集后统一送园 区环卫部分处理。

3.6 辐射防护

3.6.1 场所分区

在正常运行工况下,整个处置场可分成监管区和非监管区两大区域。非监管区内设人流入口、电力入口、生产管理及材料贮存等设施和生活设施;监管区内设物流站、整备车间、填埋单元等设施。监管区和非监管区之间有明显的界限,且有实体隔离,出入监管区必须通过设立的控制点或卫生通道。

3.6.2 人流、物流控制

监管区和非监管区间的人流通道设置在物流站进出口处。 如有需要压缩的废物,后续将通过行吊或叉车通过北门运输至整

备车间,物料暂存区可设置在东南角。物流站内需设置计量称重系统,位于西门入口处,用于对驶入物流站内的废物车进行称重,核对并记录运送废物包总重。废物包转运至填埋单元内进行填埋处置时,需由货车从东门进入装货,再驶入填埋单元进行填埋。本工程人流物流走向见图 3.12。图中,蓝色线条是人流走向,红色线条为物流走向。废物由场区南侧货车专用通道进入场区。

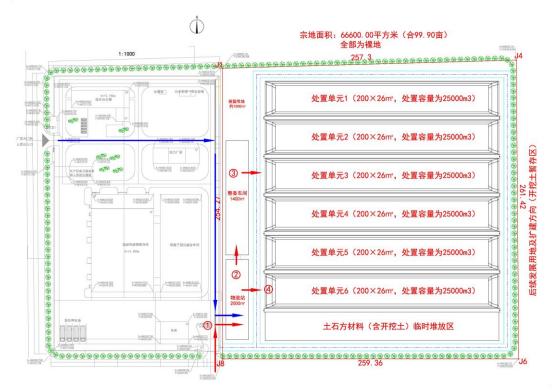


图 3.12 极低放废物填埋场人物流走向

3.6.3 辐射监测

(1) 工作人员剂量监测

工作人员操作前应佩戴热释光个人剂量计,剂量计每季度送有资质单位进行检查,发现剂量异常者,及时调查和采取相应措施。

在监管区和非监管区之间设置一台手脚表面污染仪。以监控工作人员是否受到污染。

(2) 废物监测

对进场废物进行抽样监测,监测废物表面和 1m 处 γ 污染剂量率 水平是否满足本工程设定的废物接收标准值。

(3) 工作场所监测

工作场所辐射监测采用固定式和便携式两类仪表。对填埋单元区等某些区域设置固定探头连续监测γ辐射水平;使用便携式仪表包括α/β表面污染测量仪、空气采样器等对公作场所进行监测。。

(4) 环境监测

环境监测详见第七章。

3.7 填埋场的关闭

3.7.1 关闭的条件

当填埋场接收的废物达到规定的废物容量或填埋场达到寿期时,应申请和实施正常关闭;当发现填埋场的选址或设计有严重错误或发生严重自然灾害,致使填埋场不再满足极低放废物填埋处置要求时,应申请和实施非正常关闭。

填埋场关闭之前,填埋场运营单位需提交设施关闭许可证的申请报告,报告书应是填埋场关闭计划的最终稿修订版本。一旦申请报告获得批准,填埋场运营单位即可按计划组织实施填埋场的关闭活动。

3.7.2 关闭步骤

填埋场的关闭官按照下列顺序进行:

- 1) 停止接收废物;
- 2) 对填埋场进行全面检查,以保证:
- ◆ 废物真正得到处置;填埋场覆盖层完好无缺;
- ◆ 填埋场区坐标位置已测量,并标注在国家测绘局出版的地图上;
- ◆ 测量填埋场内的设备设施,以确定放射性污染的范围和去污要求,鉴定设施的功能和结构完整性,以确定是否可以重新利用。

保留关闭后有组织控制期所需要的建(构)筑物、设备、仪器和工器具,拆除其他所有的地面设施。对经测量后确认未被污染的设施,拆除后可运出场外处理;对经测量后确认已被放射性沾污的设施,需根据设备类型、沾污程度及制造材质采用相应的方法进行去污处理;

对于不适宜去污的物件,置于填埋场剩余的填埋单元内加以处理。

3) 在处置区周边设立警戒闯入的长期标志。

3.7.3 关闭后的场区控制

填埋场关闭后的有组织控制期为30年。

有组织控制期内的主要工作包括:

- ◆ 维护填埋单元的覆盖层和保留的建筑物:
- ◆ 开展填埋单元内的渗滤液监测、排水监测、场区地下水监测和覆盖层监测,评价废物体的稳定性、填埋设施的可靠性和关闭措施的有效性,及时发现处置系统可能出现的问题,以便采取适当的补救措施:
 - ◇ 防止外来人员闯入场区:
- ◆ 对整个场址的地表面进行终态监测,达到无条件开放水平, 经监管部门批准后,可终止有组织控制期。

有组织控制期结束后,按有关法规的规定及时拆除原保留的建筑物和公用辅助系统,停止维护活动,拆除标志。

第四章 环境质量现状

本章通过对填埋场及其附近地区的辐射环境本底值、非放环境本 底值进行调查,给出了填埋场区的环境质量现状,为填埋场运行和关 闭后的环境监测和评价提供基础资料。

本工程紧挨废物减容设施,距离核燃料后处理厂约6km。目前,在核技术产业园区内还未有核设施及核技术利用企业投产运行,因此,核技术产业园区内的辐射本底与以往调查时的辐射本底相差不大,2015年和2017年,中国辐射防护研究院针对核燃料后处理厂和废物减容设施分别进行过辐射环境本底调查,本阶段将利用这两次调查的结果,承诺在工程运行前将完成场址的辐射环境本底调查。

4.1 调查内容和取样布点

(1) 废物减容设施

2017年,中国辐射防护研究院针对废物减容设施进行了本底调查,调查布点图见图4.1和图4.2。

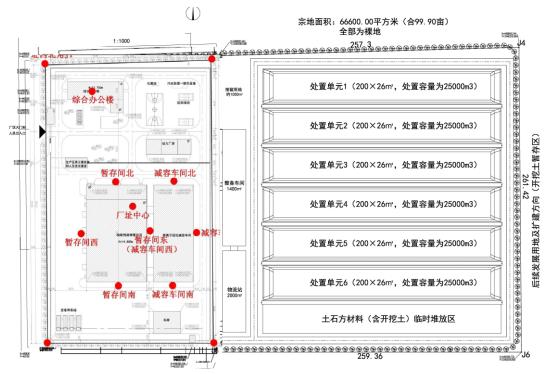


图 4.1 场址近区域 γ 剂量率和土壤监测布点示意图

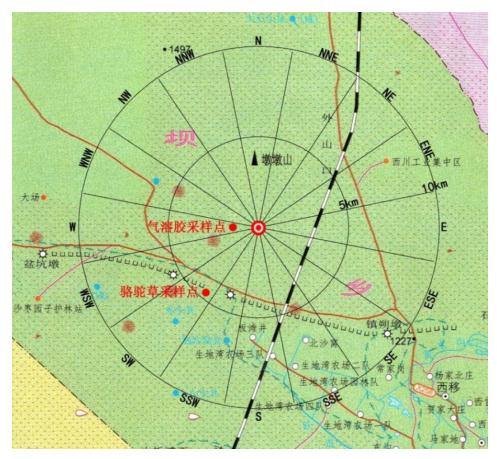


图 4.2 气溶胶和生物样监测布点示意图

在场址中心、场址四周、废物暂存库四周、减容车间四周总计布置13个监测点位测量γ辐射剂量率测量;在场址四周各布置1个点、生地湾农场布置1个点,总计布置5个监测点监测土壤中核素浓度;在废物减容设施场址下风向(W方位),距废物减容设施场址中心1.16 km处布置1个气溶胶采样点;在距废物减容设施场址中心4.42 km (SW方位)布置一个生物样(骆驼草)采样点。

该次监测对周围环境的γ空气吸收剂量率、土壤、气溶胶和生物 样(骆驼草)中的核素浓度进行分析,分析的核素为总α、总β、Co-60。

(2) 核燃料后处理厂

2015年,中国辐射防护研究院针对核燃料后处理厂进行了本底调查,本工程与核燃料后处理厂位置关系及剂量率和土壤调查布点图见图4.3。

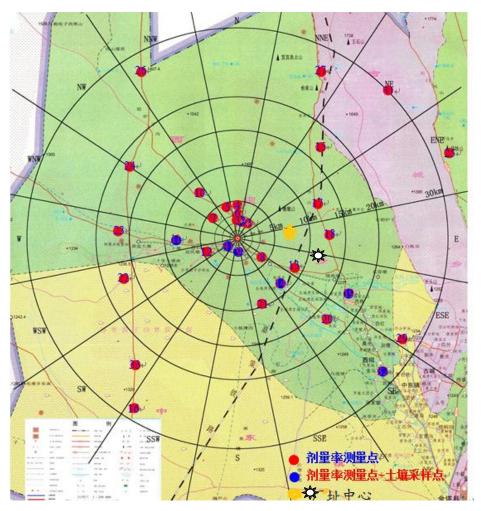


图 4.3 后处理厂半径 30km 范围内剂量率测量点位和土壤采样点

同时针对核燃料后处理厂四周30km范围进行了气溶胶、地下水、生物样的采样。具体布点图和位置本报告不再赘述,本次应用该次调查在本厂址附近的测量数据。主要为8、13、14号这三个监测点位的监测数据。

该次监测对周围环境的 γ 空气吸收剂量率、土壤、地下水(生地湾)、气溶胶和生物样(骆驼草)中的核素浓度进行分析,分析的核素为总 α 、总 β 、 90 Sr、 137 Cs、 239 Pu、U、 3 H等。

4.2 调查结果

(1) 废物减容设施周围监测结果

γ辐射空气吸收剂量率监测结果见表4.1。土壤中天然放射性核素 监测结果见表4.2。环境空气中核素浓度监测结果见表4.3。环境生物 样(骆驼草)核素浓度监测结果见表4.4。

表 4.1 γ辐射空气吸收剂量率监测结果

样品编号	监测位置	分析结果(nGy/h)
1	场址中心	92
2	场址西北角 J1	90
3	场址东北角 J2	78
4	场址东南角 J3	84
5	场址西南角 J4	90
6	综合办公楼	85
7	废物暂存间北	90
8	废物暂存间西	85
9	废物暂存间南	81
10	废物暂存间东(减容车间西)	84
11	减容车间北	83
12	减容车间东	82
13	减容车间南	87

表 4.2 土壤中天然放射性核素监测结果(Bq/kg)

编号	监测位置	总 α	总β	Co-60
1	场址西北角 J1	323	867	< 0.49
2	场址东北角 J2	269	563	< 0.51
3	场址东南角 J3	428	913	< 0.51
4	场址西南角 J4	395	816	< 0.51
5	生地湾农场	319	642	< 0.50

表 4.3 环境空气中核素监测结果(mBq/m³)

编号	点位名称	总 α	总β	Co-60
1	W 方向, 1.16 km 处	0.19	1.49	< 0.017

表 4.4 环境生物样(骆驼草)核素监测结果(Bq/kg)

编号	点位名称	总 α	总 β	Co-60
1	SW 方向, 4.42 km 处	5.36	281	< 0.13

根据表4.1知,本填埋场项目周围γ辐射空气吸收剂量率本底监测结果范围为: 78~92 nGy/h,根据《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究(甘肃省环境保护研究所,1989年)》,酒泉市原野γ辐射剂量率范围为23.3~94.8 nGy/h,因此,项目周边环境γ辐射空气吸收剂量率水平在酒泉市γ辐射剂量率水平范围内波动。

由表4.2、表4.3和表4.4可知,本填埋场项目周围土壤、环境空气以及环境生物样(骆驼草)中总α、总β核素浓度在本底范围内波动, Co-60监测结果小于仪器的探测下限,表明项目周边土壤、空气和生物未受放射性核素污染。

(2) 核燃料后处理厂周围监测结果

本次评价,直接引用该次调查结论,结果如下:

▶ 剂量率

所有点位测量结果范围为47.2~89.7nGy/h,均值为71.2 nGy/h。从整体上看,调查范围内所有地表剂量率测量结果未发现异常,属于正常的本底水平。

▶ 气溶胶

气溶胶中核素¹³⁷Cs的测量结果低于探测限;总α均值为0.41 mBq/m³,总β均值为2.29 mBq/m³。 90 Sr和²³⁹⁺²⁴⁰Pu测量结果中, 90 Sr均值为22.5μBq/m³, $^{239+240}$ Pu均值为1.45μBq/m³。

▶ 沉降灰

沉降灰中 137 Cs 均值为 0.39Bq/m² 月,总 α 均值为 61.9Bq/m² 月,总 β 均值为 96.5Bq/m² 月, 90 Sr 均值为 0.78Bq/m² 月, $^{239+240}$ Pu 均值为 36.5mBq/m² 月。

▶地下水(生地湾农场和西坝乡)

地下水测量结果中 137 Cs、 3 H 低于探测限; 总 $^{\alpha}$ 均值为 0.073Bq/L,总 $^{\beta}$ 均值为 0.17Bq/L, 90 Sr 均值为 3.46mBq/L; 总 U 均值为 3.40 $^{\mu}$ g/L, $^{239+240}$ Pu 均值为 0.25mBq/L。

▶饮用水

饮用水测量结果中 137 Cs 低于探测限;总 α 均值为 0.049Bq/L,总 β 均值为 0.10Bq/L, 90 Sr 均值为 4.59mBq/L,总 U 均值为 2.67 μ g/L; $^{239+240}$ Pu 均值为 0.025mBq/L, 3 H 均值为 0.22Bq/L。

▶土壤

土壤中 ¹³⁷Cs 测量结果范围 0.81~64.6Bq/kg,均值为 10.2Bq/kg; ²³⁸U 测量结果范围 17.5~37.0Bq/kg,均值为 27.6Bq/kg; ⁹⁰Sr 测量结果范围 1.05~12.6Bq/kg,均值为 3.32Bq/kg; ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 测量结果范围

0.15~2.28Bq/kg,均值为 0.63Bq/kg。

▶生物

 137 Cs: 测量结果范围为<LLD~0.59Bq/kg $_{\mp}$,麦秆、麦粒、羊骨、菜瓜低于探测限。

⁹⁰Sr: 测量结果范围为 0.049 Bq/kg _鲜~7.02 Bq/kg _鲜。 ²³⁹⁺²⁴⁰Pu: 测量结果范围为 0.10 Bq/kg _鲜~62.8 Bq/kg _鲜。

4.3 非放环境质量现状评价

本填埋场项目工程区域的非放环境质量主要给出金塔县的环境空气质量,数据引自《2017 年第四季度甘肃省重点生态功能区金塔县生态县环境空气质量现状检测报告》(峰骥检字[2017]第 12-10 号,2017 年 12 月 08 日)中的监测数据。监测因子为 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} ,监测按照五日法连续监测 5 天,每日采集 20 小时均值。日均浓度监测结果为 SO_2 : 8 ~ 25 μ g/m³、 NO_2 : 21 ~ 29 μ g/m³、 PM_{10} : 103 ~ 146 μ g/m³,均满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级浓度要求(SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 的标准值分别为 150 μ g/m³、80 μ g/m³ 和 150 μ g/m³)。

4.4 小结

从核燃料循环和废物减容项目两次数据调查结果来看,本工程周围辐射水平与上世纪 90 年代全国辐射水平调查中酒泉地区的辐射水平基本相当。从 2017 年金塔县环境监测数据可知,金塔县环境空气中 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 日均浓度满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级浓度要求。

第五章 安全分析

5.1 填埋场长期稳定性

5.1.1 场址安全分析

5.1.1.1 地质、地震

本填埋场项目场址位于前期已经论证过的核技术产业园区内,鉴于园区建设主要依托核燃料循环后处理设施的建设,而在前期选址工作中已针对核燃料循环后处理设施的安全要求进行了地震地质专题论证,确认在规划建设的核技术产业园区及其附近区域内处于构造运动和地震活动稳定地区,场址半径 5 km 范围的附近地区不存在地表能动断层,场址半径 25 km 范围内不存在发震构造。因此,不存在影响场址可接受性的地震地质因素。

有关本填埋场项目场址地质、地震的详细描述见 2.6 节。

5.1.1.2 水文

本填埋场项目在场区勘察期间,钻孔深度范围内未见地下水,可 见场区地下水埋藏较深,不会对场址产生影响。

本填埋场项目位于甘肃酒泉核技术产业园,评价范围内无地表水体,距离场址最近的地表水体为跃进渠,该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络,渠水均引自鸳鸯池水库,用于生地湾农场农田灌溉,该渠距场址直线距离约 11 km,不会对场址产生影响。本填埋场项目与鸳鸯池水库的距离在 40 km 以上,且地势远高于讨赖河流经的谷地和鸳鸯池水库,因此,河流洪水不会对场址产生影响,即使在考虑鸳鸯池水库溃坝的情况下也不会对场址产生安全影响。

有关本填埋场场址水文的详细描述见 2.5 节。

5.1.2 地面排水和浸蚀防护

本填埋场项目场址边坡顶设有截洪沟,平台和坡脚建有排水沟,整个场区建有畅通的排水管网,排水管网采用明渠收集而后排入厂区

管网。明渠排水管网便于长期维护保养,能保证填埋场 30 年监护期内排水系统的稳定性和有效性。

为提高边坡和覆盖层的排水效率,在确保边坡和覆盖层长期稳定性的前提下,本填埋场项目的挖方边坡坡率满足地勘报告要求。

5.1.3 水渗入

本填埋场场址周围的边坡上方设置了截洪沟,边坡平台上设有排水沟,可使洪水及边坡上方的雨水及时排出场区。

本填埋场项目场区的雨水排水系统设计重现期按 100 年计,按 200 年校核,确保排水系统能及时排出雨水,减少场区积水。另外,在填埋场四周布置了地下水盲沟系统,能有效降低地下水的水位升高,隔绝地下水对填埋单元的影响,从而防止地下水向填埋单元的渗透。

本填埋场项目在填埋单元结构设计中还采取了一系列有效的防水渗入措施,主要包括:

- (1) 每个填埋单元的基础底板都是分隔的,以有效控制结构的收缩和避免不均匀沉降造成填埋单元的断裂。
 - (2) 在填埋单元铺设有土工布,以阻止雨水的渗入。
- (3) 顶盖密封是填埋单元防止水渗入的重要措施,在单个填埋单元装填完成后,将立即进行封盖,填埋单元的覆盖层设置一定的坡度,防止了雨水在单元顶部的滞留。
- (4) 当填埋场中的所有填埋单元全部装填、封盖完毕后,将对全部填埋单元实施最终覆盖,最终覆盖层是防止水渗入填埋场的又一道重要屏障。本填埋场项目的最终覆盖层设计自下而上共由6层组成,即核素阻滞及回填层、排水层、导水层、生物侵入屏障层等,总厚度不小于2m,将长期有效地防止雨水向填埋单元的渗透。

综上分析,本填埋场通过有效提高填埋单元及封盖的结构稳定性和防水渗透性能、完善的排水系统以及完整的最终覆盖层等工程措施确保其满足 GB/T 28178-2011 中的相关设计规定。

5.1.4 边坡稳定性

本填埋场项目的边坡分为填方边坡和挖方边坡两类。边坡设计是根据场地工程勘测报告的分析结果来确定边坡的坡率,在保证边坡稳定的条件下进行边坡防护设计。

根据岩土工程勘察报告,对填埋场挖方边坡坡率为应满足地勘报告的要求,所以是安全的。

此外,为了加强本填埋场项目边坡的长期稳定性,除了在边坡施工中严格按照设计要求进行施工外,还将在施工过程中加强质保管理措施。在填埋场运行或关闭后的 30 年监护期内,定期对边坡进行维护和整修以确保填埋场边坡的长期稳定性。

5.2 运行事故分析

填埋场运行期间可能发生的事故情景有:

- (1) 一个废物包起火:
- (2) 一辆运输废物包的车辆起火或爆炸;
- (3) 一个未封闭的填埋单元起火;
- (4) 一个废物包在吊装过程中坠落;
- (5) 一个废物包坠落到未封闭的填埋单元内等。

由于废物包内的处置废物组成不会发生自燃事故,本填埋场评价范围内及其附近地区不存在生产和贮存易燃、易爆物质的企业和仓库,且填埋单元内不存在易燃、易爆的建筑材料和其他物质,因此,填埋单元内不会发生火灾或爆炸事故。因此,填埋场的运行事故主要为上述事故情景中的(2)一辆运输废物包的车辆起火或爆炸和(4)一个废物包在吊装过程中坠落。

5.2.1 一辆运输废物包的车辆起火或爆炸

(1) 事故原因

运输废物包的车辆发生偶然事故引起车辆着火爆炸。

(2) 事故处理措施

发现火情后,工作人员应迅速借助车辆上及填埋场区内可利用的

消防设施进行扑救;待火情控制后,将发生破损的废物包吊运至钢箱内暂存,并将洒落的放射性废物进行清理和回收,监测地面和容器表面污染,发现超标后进行擦拭去污处理。

(3) 事故后果

有可能造成废物包破裂,其中的放射性物质洒落或因受热弥散挥发,对事故发生地点附近环境造成一定影响。但此类事故发生的概率极低,火情发生早期即可通过人为介入,将泄漏的放射性物质控制在场区范围内,不会进一步向环境中转移,因此不会造成公众剂量,但会增加工作人员受照剂量。

5.2.2 一个废物包在吊装过程中坠落

(1) 事故原因

废物包在起吊过程中发生坠落事故。

(2) 事故处理措施

发生事故后,及时将破损废物包吊运至钢箱暂存,并对洒落的极低水平放射性废物进行清理和回收,监测地面和容器表面污染,发现超标后进行擦拭去污处理。为应对可能发生的跌落事故,设计中采用准确定位的远距离遥控数控定位吊车,在吊车的小车和厂房内安装多台摄像机,吊运废物桶采用与钢桶配套的专用吊具,吊具设计有限位开关,以判断废物桶是否抓牢。

(3) 事故后果

坠落事故只可能发生在废物包向填埋单元的吊装过程中,废物包 坠落后可能导致破裂。此种事故情况下,放射性物质不会进一步向环 境中转移,不会造成公众剂量;但会造成地面或设备污染,增加工作 人员受照剂量。

5.3 关闭后事故分析

(1) 事故原因

填埋场关闭后有组织控制期内或结束可能发生场外公众无意闯 入的情况,包括钻孔、钻孔后岩心洒落、建房居住、修路、边界处打 井等。

(2) 事故处理措施

场内监管人员发现人员闯入后应第一时间进行驱逐,同时确认闯入人员在场址内停留时间、停留期行为等情况,核实确认闯入人员未对场址带来破坏性行为,若发生需尽快对破坏情况进行补救。此外,也要在场区内及附近区域进行警示案例通报,定期进行场区周围警示标语的维护和更新,加强警示作用。

(3) 事故后果

填埋场内填埋的放射性废物包会使闯入人员受到一定剂量。

当发生钻孔事故时,钻孔岩心里面的放射性物质对钻孔人员造成照射,同时,钻孔过程有放射性气溶胶释放,对钻孔工作人员造成内照射。当钻孔岩心不小心洒落时,洒落的放射性物质会对周围人群造成照射,同时,洒落的放射性物质通过再悬浮进入周围环境,对周围人员造成内照射。

若填埋场关闭后,周围人员在填埋场上建造办公用房,此时,会对办公人员造成外照射。建造办公用房时,将填埋场覆盖层破坏,建筑人员可能受到的剂量为吸入内照射和外照射。填埋场周边打井,周围人员饮用受污染的地下水,造成内照射。

第六章 环境影响

6.1 施工期间环境影响分析

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、噪声和固体废物。项目施工建设期间不可避免地会带来一些环境影响,必须有相应的污染防治措施,控制施工噪声、废水和粉尘对环境的影响。

(1) 废气

施工期须制定控制工地扬尘方案,采取有效防尘措施。施工场地设置围挡,以防扬尘扩散。施工现场合理布局,对制作场地、堆料场地要进行硬化,对易扬尘物料加盖防尘布。定期对路面和施工厂区洒水,减少起尘量。加强对机械、车辆的维修保养,禁止以柴油为燃料的施工机械超负荷工作,减少颗粒物的排放。禁止在大风天气进行施工作业,减少扬尘的产生。

(2) 废水

施工期产生的施工废水、污水进行收集后用于场地喷洒降尘。在 施工现场设置临时旱厕,收集施工人员生活污水,并定期清运。

(3) 固体废物

严格遵守《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,采取有效措施防止或减少建筑垃圾及工程渣土等固体废物对环境的污染,并采取防扬散、防流失、防渗漏或者其它防止污染环境的措施,工程结束后,应及时清理。施工人员产生的生活垃圾应分类袋装、集中放置,收集后送垃圾场填埋处理。

(4) 噪声

施工期采用以下方法降低施工噪声的产生:

- 1) 在施工机械的选择上,选择低噪设备;
- 2)对于噪声较高的设备,如打桩机、搅拌机等,采取加装减震设备或隔音罩的方法对噪声进行阻隔;
- 3)加强对设备的检查和维护,减小由于设备部件之间的不正常碰撞产生的噪声。

综上所述,施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪

声等环境影响基本上都是短期的、局部的,且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施,加强施工现场管理,可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后,及时清理场地,其影响可以在短期消失。

6.2 运行期的环境影响

6.2.1 填埋场运行特点

填埋场的运行规程概述如下:

- (1) 废物运输车到达填埋场入口处,由填埋场管理人员进行检查 合格后登记放行,不合格的将退回给废物产生单位,每桶平均检查时 间约为1分钟;
- (2) 运输车辆到达填埋单元后,由专用吊车将废物从车上吊至填埋单元内,放到预定的位置;
 - (3) 填埋单元全部填满后,进行回填处理;
- (4) 填埋单元在进行顶板浇注后,挡雨棚和吊车转移到下一个单 元进行处置活动;
 - (5) 吊装操作为远距离遥控操作。

6.2.2 正常运行的职业照射

填埋场在正常运行情况下,会在废物接收检查、填埋、管理监测和回填覆盖等过程中对工作人员产生职业照射。

工作人员个人所受剂量主要来自废物货包的外照射,由于废物密闭在包装袋内,且为极低放固体废物,正常情况下,环境空气中放射性气溶胶很少,因此,不考虑工作人员的吸入内照射。因此,工作人员的剂量计算公式如下:

$$D = D \times T$$

式中:

D: 工作人员所受剂量, Sv/a;

D: 工作岗位剂量率水平, Sv/h。表 6.1 给出了利用 MicroShield

软件计算得到的本填埋场各典型区域的剂量率。

T: 每个岗位的年工作时间, h/a。

表 6.1 填埋场各典型区域的剂量率

区域	剂量率(mSv/h)
废物包表面 30 cm 处	3.66E-04
压缩废物包表面 30 cm 处	1.10E-03
废物包表面 100cm 处	9.48E-05
填埋单元短边侧墙外 30 cm 处	4.20E-11
填埋单元长边侧墙外 30 cm 处	4.20E-11
填埋单元顶部无土壤回填时上表面 30 cm 处	1.09E-03
填埋单元顶部有土壤回填时上表面 30 cm 处	8.41E-11

6.2.2.1 货包接收检查和暂存人员的辐照剂量估计

货包采用卡车等方式运抵现场后,进入物流站,在物流站内由 1 人负责监督卸货过程并做记录,1 人负责在卡车上挂货物,1 人负责在暂存区卸下废物,并对货包的表面剂量率进行测量,告知记录人员。其中,监督记录人员在远端操作,不受到辐射影响;装挂货物的工作人员与货包距离为 30 cm,一个货包挂钩需 1 分钟;卸货人员与货包距离为 30 cm,一个货包挂钩需 1 分钟,对货包进行监测时距离货包约 1 m,时间为 1 分钟。每年需装卸和监测的废物包约 7265 个。

根据表 6.1 废物包表面 30 cm 处的剂量率约为 3.66×10^{-4} mSv/h, 废物包表面 1 m 处的剂量率约为 9.48×10^{-5} mSv/h,则装挂货物人员所 受的辐照剂量约为 0.23 mSv/a,卸货人员所受的辐照剂量约为 0.29 mSv/a。

卸货人员剂量: 3.66×10⁻⁴mSv/h×1/60h×7265+9.48×10⁻⁵ mSv/h ×1/60h×7265 =0.058mSv/a

货物装挂人员剂量: 3.66×10⁻⁴ mSv/h×1/60h×7265=0.044 mSv/a

6.2.2.2 货包转运和安放人员的辐照剂量估计

货包从暂存区运抵填埋单元进行安放,需要的工作人员有:暂存 区装车共计3人,车上车下各1人,单个货包的操作时间各1分钟, 操作行车或吊车司机1名,因其在吊车内与货包距离较远且有车体防护,所以不考虑吊车司机的职业照射;装车满后,由1名运输车辆司 机驾车前往填埋单元,不考虑司机的职业照射;在填埋单元内卸车安放共需4人,车上1人,单个货包车上操作1分钟,安放货包人员2人,单个货包安放操作2分钟,操作行车或吊车司机1名,不考虑其职业照射,由此可见,每班有5个工作人员受照,由两个班组工作人员轮换进行货包转运和安放操作。保守假定填埋单元已经填满,工作人员距离货物包30cm,此时,工作人员剂算计算如下:

 $(3.66\times10^{-4} mSv/h\times1/60h\times7265\times2+3.66\times10^{-4} mSv/h\times1/60h\times7265\times2\times2)$

6.2.2.3 填埋单元内填充砂石工作人员的辐照剂量估计

单层铺设结束时,在货包之间进行填充砂石操作,需要工人3人,车辆司机若干,仅考虑现场操作工人的职业照射,每年的工作时间为18个工作日,每天工作8h。则工作人员剂量为:

 $1.09 \times 10^{-3} \text{mSv/h} \times 18 \times 8 = 0.16 \text{mSv/a}$

6.2.2.4 填埋单元装填满后封顶人员的辐照剂量估计

填埋单元填埋后,应在顶部增加覆盖层,根据工作量,需要现场操作工人4人,车辆司机若干,仅考虑现场操作工人的职业照射,其受到的辐照主要为直接外照射。粗略估计每个工作人员每天工作8小时,共工作5天,工作处的剂量率约为4.010×10⁻³ mSv/h,则其所受的辐照剂量:

 $1.09 \times 10^{-3} \text{mSv/h} \times 8 \times 5 = 0.044 \text{mSv/a}$

6.2.2.5 废物货包压缩减容人员的辐照剂量估计

根据 3.4 节,假定进行压缩减容的货物包为 1900 个。针对废物 货包压缩减容,需要 4 人现场操作,包括 1 名装挂货包人员、1 名卸车人员、1 名司机和 1 名压缩操作人员。

增加3次装卸操作和1次压缩操作。不考虑司机的职业照射;压缩操作为远程操作,不考虑该工作人员的职业照射。装挂货包人员和卸车人员所受的辐照剂量为:

 $3.66 \times 10^{-4} \text{mSy/h} \times 1/60 \text{h} \times 3 \times 1900 = 0.028 \text{mSy/a}$

6.2.2.6 填埋单元附近现场管理及辐射防护人员的辐照剂量估计

填埋单元附近现场管理人员(1人)和辐射防护人员(1人)所受到的辐照主要为直接外照射。在每年221天的废物处置过程中,现场管理人员在填埋单元侧墙外共工作约1768个小时,根据表6.1中的剂量率计算结果,填埋单元侧墙外的剂量率约为4.20×10⁻¹¹ mSv/h,则其所受的辐照剂量约为7.43×10⁻⁸mSv/a。

根据以上计算,得到各类工作人员的职业照射剂量见表 6.2,最大个人剂量为 0.16mSv/a,为填埋单元内填充砂石工作人员。满足工作人员正常工况下剂量约束值 1mSv/a,工作人员的集体剂量为 1.48mSv ·人/a。

工作人员		人数	年受照剂量 (mSv/a)	集体剂量(mSv·人/年)
货包接收检查	装挂货物人员	1	0.058	0.058
和暂存人员	卸货人员	1	0.044	0.044
货包转运利	印安放人员	10	0.067	0.67
填埋单元内填充	它砂石工作人员	3	0.16	0.48
填埋单元装填满后封顶人员		4	0.044	0.176
废物货包压	缩减容人员	2	0.028	0.056
现场管	现场管理人员		7.43E-08	7.43E-08
辐射防	护人员	1	7.43E-08	7.43E-08
	合计			1.48

表 6.2 正常运行时的职业照射

6.2.3 正常运行下的环境影响

6.2.3.1 放射性废气释放源项

极低放废物用包装袋包装,正常填埋工况下不会有放射性物质泄漏到环境空气中。

在废物进行超级压缩过程中,会有少量的带有放射性的粉尘进入空气中,产生的废气经超压机自带的废气收集处理系统收集过滤后(过滤器为高效过滤器,计算时过滤效率取 99.9%)通过厂房烟囱高出屋顶 7m 排放 (厂房高 10m,烟囱高度为 17m)。本工程气载放射性核素的年释放量见表 3.8。

6.2.3.2 评价模式

本次环境影响评价的大气弥散模式采用了筛选模式,计算中考虑了大气稀释作用,计算只考虑了对成人组居民所致的剂量水平。烟囱的排放高度为17m。

进行剂量估算时,考虑的主要途径为放射性烟云浸没外照射、地面沉积外照射、公众吸入放射性核素和食入污染食物所致的内照射。

6.2.3.3 大气弥散因子

评价范围 10km 的大气弥散因子计算结果见表 6.3。大气弥散因子最大出现在 0~1km 处,为 1.70E-05 s/m³。5~10km(有人子区)处的大气弥散因子为 2.38E-07 s/m³。

距离(km)	弥散因子(s/m³)
0~1	1.70E-05
1~2	2.95E-06
2~3	1.31E-06
3~5	6.28E-07
5~10	2.38E-07

表 6.3 评价范围 10km 大气弥散因子

6.2.3.4 评价结果

(1) 个人剂量

各照射途径所致成人个人有效剂量见表 6.4。从计算结果可以看出,在 0~1km 处(无人),最大个人有效剂量为 2.18E-07 Sv/a; 5~10km (有人子区)处最大个人有效剂量为 3.05E-09 Sv/a,远小于本工程剂量约束值(0.05mSv/a)。

表 6.4 评价范围 10km 成人个人有效剂量(Sv/a)

途径	距离(km)						
延 压	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10		
空气浸没外照射	1.45E-14	6.43E-15	3.08E-15	1.17E-15	4.06E-16		
地面沉积外照射	1.01E-07	1.75E-08	7.76E-09	3.71E-09	1.41E-09		
吸入内照射	1.38E-08	2.39E-09	1.06E-09	5.10E-10	1.93E-10		
食入内照射	1.04E-07	1.80E-08	8.00E-09	3.82E-09	1.45E-09		
总剂量	2.18E-07	3.79E-08	1.68E-08	8.04E-09	3.05E-09		

(2) 各照射途径所致剂量

5~10km 处各照射途径所致成人个人有效剂量计算结果见表 6.5。在各照射途径中,关键照射途径为食入内照射照射,其所致剂量(1.74E-08Sv/a)占成人总剂量的 47.5%; 其次为地面沉积外照射,其所致剂量占总剂量的 46.1%; 吸入内照射所致剂量份额为 6.4%; 空气浸没外照射所占份额可忽略不计。

表 6.4 5~10 km 处各照射途径所致成人个人有效剂量(Sv/a)

核素	空气浸没 外照射	地面沉积 外照射	吸入 内照射	食入 内照射	合计	份额
	21,144.31	71 KK 31	[[] [[] []	P3 共代为3		
Cs-137	4.70E-16	7.65E-11	1.78E-13	2.94E-11	1.06E-10	3.5%
Co-60	6.09E-16	3.09E-11	3.97E-14	2.32E-12	3.33E-11	1.1%
Sr-90	1.60E-17	1.39E-10	6.90E-12	8.98E-10	1.04E-09	34.2%
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	9.98E-13	1.35E-10	1.36E-10	4.4%
C-14	0.00E+00	0.00E+00	1.65E-16	8.16E-16	9.81E-16	0.0%
Pu-239	4.73E-22	4.79E-16	3.41E-12	2.95E-12	6.37E-12	0.2%
H-3	0.00E+00	0.00E+00	3.69E-16	2.00E-17	3.89E-16	0.0%
Eu-152	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.0%
Eu-154	3.37E-17	2.67E-12	7.53E-15	1.18E-13	2.80E-12	0.1%
Np-237	1.67E-18	3.97E-12	2.13E-11	2.39E-11	4.92E-11	1.6%
Am-241	1.75E-19	6.39E-14	5.44E-12	4.74E-12	1.03E-11	0.3%
U-234*	4.18E-19	1.04E-09	1.32E-10	3.01E-10	1.47E-09	48.3%
U-235*	3.72E-17	9.38E-12	1.16E-11	2.80E-11	4.89E-11	1.6%
U-238*	1.95E-20	1.06E-10	1.09E-11	2.69E-11	1.44E-10	4.7%
合计	1.17E-15	1.41E-09	1.93E-10	1.45E-09	3.05E-09	100.0%
份额	0.0%	46.1%	6.4%	47.5%	100.0%	

(3) 各核素所致剂量

由表 6.5 可以看出,关键核素为 ²³⁴U,其剂量贡献占总剂量的 48.3%,其次为 ⁹⁰Sr,其剂量贡献占总剂量的 34.2%;其他核素剂量 贡献小于 5%。

6.2.4 运行事故的环境影响

(1) 事故描述

根据 5.2 节中的运行事故分析,确定运行期间的事故为一辆运输车辆着火爆炸事故和一个废物包在吊装过程中发生坠落事故。针对运输车辆着火爆炸事故,假设一辆运输车辆中装有两个废物包,事故情况下两个废物包中的放射性核素完全释放;而针对一个废物包在吊装过程中发生坠落的情况,假设其落在另一个废物包上,两个废物包均发生破损,造成其中的放射性核素完全泄露到周围环境。

发生事故后,工作人员在现场划出警戒区域,并对洒落的废物进行收集,两种事故情景均需要两个小时才能处理完毕,对公作人员造成照射。由于废物包装载的废物为极低放固体废物,其弥散性较低,放射性水平也很低,在发生事故时,只有极少量的放射性核素进入环空气,通过大气弥散稀释后,基本不会对公众造成影响。因此,不再计算废物包着火和跌落事故下对公众的剂量。

(2) 废物桶破损事故的工作人员个人剂量

在废物桶破损事故中,工作人员受照包括外照射、吸入再悬浮放射性颗粒及气溶胶所致内照射。

(1) 内照射剂量

依据《中国核工业三十年辐射环境质量评价》,空气中灰尘含量为 $10^{-5}\sim10^{-2}$ g/m³,假设事故发生后空气中的气溶胶浓度值 p 为 1×10^{-2} g/m³,且均为泄露的废物再悬浮产生,则空气中的核素浓度为:

$$C \in= p \times C \text{ } \mathbb{B}$$

式中: C 《一空气中的核素浓度, Bq/m³;

C □一固体废物比活度,Bq/g,保守按活度浓度指导值计算。 吸入放射性核素所致内照射剂量计算公式为: $D_{im} = C \leq \times DF_{inh} \times t \times \eta$

式中: D_{im}一吸入放射性核素所致内照射, mSv;

C 《一空气中的核素浓度, Bq/m³;

DF_{inh}一吸入剂量转换因子, Sv/Bq, 见表 6.6。

t一事故现场处置时间, 2h;

η—工作人员的呼吸速率, $1.2m^3/h$ 。

(2) 外照射剂量

 $D_{\text{ext}} = \sum Cs, i \times DFext \times t + D \times t$

式中: $C_{s,i}$ 一洒落后,地面 i 核素浓度, Bq/m^2 ;假定事故时发生后,两个货包的放射性物质均匀洒落在 $10 \times 10 m$ 的区域内。

 DF_{ext} 一外照射剂量率转换因子(Sv/a)/(Bq/m^2),见表 6.6。

Ď—填埋单元顶部无土壤回填时上表面 30 cm 处剂量率,取 1.09E-3mSv/h。

t一事故现场处置时间, 2h。

表 6.6 事故工况下各核素所致工作人员的剂量计算

核素	吸入内照 射剂量转 换因子 (Sv/Bq)	外照射剂 量转换因 子(Sv/a) /(Bq/m ²)	空气中核 素浓度 Bq/m³	地面核素 浓度 Bq/m²	吸入剂量 Sv	外照射剂 量 Sv	总剂量 Sv
Cs-137	6.70E-09	1.80E-08	1.00E-01	4.71E+05	1.61E-09	1.94E-06	1.94E-06
Co-60	2.90E-08	7.50E-08	1.00E-01	4.71E+05	6.96E-09	8.07E-06	8.08E-06
Sr-90	1.50E-07	3.50E-09	1.00E+00	4.71E+06	3.60E-07	3.77E-06	4.13E-06
Ni-63	5.20E-10	0	1.00E+02	4.71E+08	1.25E-07	0.00E+00	1.25E-07
C-14	5.80E-09	0	1.00E-01	4.71E+05	1.39E-09	0.00E+00	1.39E-09
Pu-239	4.40E-05	2.80E-11	1.00E-03	4.71E+03	1.06E-07	3.01E-11	1.06E-07
H-3	2.60E-10	0	1.00E+01	4.71E+07	6.24E-09	0.00E+00	6.24E-09
Eu-152	3.90E-08	1.90E-09	1.00E-01	4.71E+05	9.36E-09	2.04E-07	2.14E-07
Eu-154	5.00E-08	3.80E-08	1.00E-01	4.71E+05	1.20E-08	4.09E-06	4.10E-06
Np-237	2.10E-05	7.20E-09	1.00E-02	4.71E+04	5.04E-07	7.75E-08	5.81E-07
Am-241	3.50E-05	8.90E-10	1.00E-03	4.71E+03	8.40E-08	9.57E-10	8.50E-08
U-234	9.40E-06	5.30E-08	4.34E-01	2.04E+06	9.80E-06	2.47E-05	3.45E-05
U-235	7.70E-06	5.30E-09	1.40E-02	6.58E+04	2.59E-07	7.98E-08	3.38E-07
U-238	7.30E-06	6.00E-08	4.20E-02	1.98E+05	7.35E-07	2.71E-06	3.45E-06
合计	/	/	1.12E+02	5.26E+08	1.20E-05	4.56E-05	5.76E-05

事故工作人员剂量: 5.76×10^{-2} mSv+ $1.09\times10^{-3}\times2=5.98\times10^{-2}$ mSv,小于事故剂量控制值 1mSv。其中内照射剂量为 1.20×10^{-2} mSv,外照射剂量为 4.78×10^{-2} mSv。

6.3 关闭后的环境影响

填埋场工程预计在 2052 年关闭 (2022 年开始运行,运行时间 30 年后,填埋场填满,填埋场关闭),本节首先分析关闭后正常情况下通过地下水途径的核素迁移及其影响,然后分析人为意外闯入事故的后果。正常关闭后核素随地下水迁移景象时间尺度考虑最大剂量出现时间,关闭后事故考虑有组织监控期结束后,即关闭后 30 年和 100 年发生事故。

6.3.1 关闭后景象分析

本工程位于核技术产业园区,该园区建设用地属于工业用地,因此,关闭后的景象考虑工业用地景象进行分析,计算参考《推导退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模式和参数》(EJ/T 1191-2005)给出的工业照射情景、参数和模式进行计算。考虑的途径见下图 6.1。

照射途径	农业居民。	郊区居民 5	城市居民	工业。	娱乐°
γ 外照射	√	√	1	√	1
微尘吸入	√	√	√ √	. ↓	1
种植食物食入	√	√	×	×	×
肉类食入	√	×	×	×	√
奶类食入	√	×	×	×	×
鱼类食入	√	×	×	×	√
土壤食入	√	√	√	√	1
饮水	√	×	×	√	×

[&]quot;表中注有"√"的照射途径,表示表列的照射情景所涉及的途径,但涉及的程度不尽相同,需要根据场址 开放后的具体用途,通过选择合适的相关参数来体现。主要相关参数的选择可参考表 A. 2。

- 。 所用水源来自当地井水。
- [°] 肉、奶、饮水均来自场外。
- * 水、食品消费均来自场外。
- " 除了特产家禽和鱼以外,饮水和食品均来自场外。
- 1 土壤中有铀或镭污染时需考虑。

图 6.1 不同开放用途下主要的可能照射途径

- (1) 外照射:由放射性核素经地表直接照射对人体产生的外照射:
- (2)吸入内照射:由放射性核素产生的场内污染空气,如微尘等,经人体吸入导致的吸入内照射;
- (3)食入内照射:由环境途径导致人体食入含放射性核素的土壤导致的食入内照射。
- (4)饮水途径:本工程在水文地质调查时未发现泉水等出漏点,本次保守估计出漏点位于生地湾农场,根据现场调查资料,生地湾农场灌溉用水不采用地下水,生地湾农场灌溉用水来自跃进渠,该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络,渠水均引自鸳鸯池水库。

本次计算假定填埋场接收废物中的的核素比活度全部按表 3.3 中给出的核素活度浓度指导值进行接收。经分析和筛选,本工程接收的废物中主要核素为: H-3、C-14、Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、Eu-152、Eu-154、Np-237、Pu-239、U(U-234、U-238、U-235)、Am-241。其接收浓度限值见下表 6.7。

表 6.7 本工程接收废物中主要核素及浓度限值

核素	比活度(Bq/g)
Cs-137	10
Co-60	10
Sr-90	100
Ni-63	10000
C-14	10
Pu-239	0.1
H-3	1000
Eu-152	10
Eu-154	10
Np-237	1
Am-241	0.1
U-234*	44
U-235*	1.5
U-238*	4.5

注: *: U-234、U-235、U-238 活度浓度指导值按照 U 浓度 50Bq/g、U-235 丰度为 5%推导得出。

6.3.2 地下水途径影响

6.3.2.1 地下水核素迁移途径概化

填埋场工程采用地下填埋方式进行填埋处置,填埋场最宽处为26 m,地面以下11m。填埋场关闭后,由于工程劣化,使得降雨与填埋废物接触,核素被雨水浸出,随雨水进入非饱和带,然后进入含水层,随地下水一块迁移,本工程在水文地质调查时未发现泉水等出漏点,本次保守估计出漏点位于生地湾农场,根据现场调查资料,生地湾农场灌溉用水不采用地下水,生地湾农场灌溉用水来自跃进渠,该渠为金塔县西干渠的支渠形成的灌渠网络,渠水均引自鸳鸯池水库。因此,计算时不考虑农业场景,保守假定生地湾农场饮用地下水,计算公众剂量。核素随地下水在地质中的迁移途径见图 6.2,核素的迁移及照射途径见图 6.3。

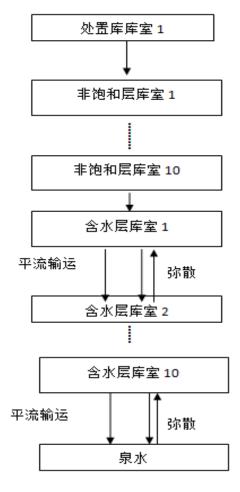


图 6.2 核素随地下水在地质中的迁移途径概化模型



图 6.3 核素迁移及照射途径

6.3.2.2 计算软件

本次计算核素迁移采用 Ecolego 软件。Ecolego 软件由瑞典的 Facilia AB 公司开发,用于放射性废物处置系统的安全评价软件。

Ecolego 软件在模拟处置系统时,根据概念模型将系统分成一系列的库室,每个库室是具有一定边界的空间,假设污染物一进入库室立即混合,使整个库室的浓度均匀。迁移过程用一个迁移比率来表示,迁移比率表示 t 时刻单位时间里某库室由于迁移失去或者得到的某种核素活度与这个库室 t 时刻该核素的总活度比值。

放射性核素 N 在库室 i 中 t 时刻的总量为 N_i (Bq),对于第 i 个库室,库室中该核素总量随时间变化率满足以下一阶线性微分方程:

$$\frac{dN_i}{dt} = \left[\sum_{j \neq i} \lambda_{ji} N_i + \lambda_M M_i + S_i\right] - \left[\sum_{j \neq i} \lambda_{ij} N_i + \lambda_N N_i\right]$$
(6.1)

式中,i,j表示库室; N,M表示放射性核素 N 和 M(在衰变链中,N 是 M 的子体)在库室中的量,Bq; S 为放射性核素 N 的其他外界源漏项,Bq/a; λ_N 为核素 N 的衰变常数, a^{-1} ; λ_M 为放射性核素 M 的衰变常数, a^{-1} ; λ_M 为从库室 i 中得到放射性核素 N 的迁移比率, a^{-1} ; λ_M 为从库室 i 中失去放射性核素 N 的迁移比率, a^{-1} 。

6.3.2.3 核素在填埋单元内的迁移

Ecolego 软件计算核素在填埋单元内迁移时考虑了核素的衰变、吸附和垂直向下迁移。入渗水引起的核素垂直向下的迁移比率(λ_{inf} , a^{-1})由下面的方程给出:

$$\lambda_{\inf} = \frac{q}{L\theta_{\cdot\cdot\cdot}R} \tag{6.2}$$

式中: q 是通过填埋单元的达西流速 (m/a), 即入渗量; L 是放射性核素迁移的总的长度 (m), 即为填埋单元的高度; θ_w 是填埋单

元内介质的有效孔隙度; R 为填埋单元介质对核素的滞留系数, 其值由下式给出:

$$R = 1 + \frac{\rho Kd}{\theta_{w}} \tag{6.3}$$

式中: ρ 为填埋单元介质的密度(kg/m³), K_d 为核素在填埋单元介质中的分配系数(m³/kg)。

6.3.2.4 核素在非饱和带中的迁移

从填埋单元底泄漏出来的核素进入到非饱和带中,核素在非饱和带中迁移规律与核素在填埋单元内的迁移规律相同,核素垂直向下的迁移过程见(6.2)式和(6.3)式。

垂直通过非饱和带的达西流速与填埋单元内的相同,为满足计算精度,非饱和带库室取为10个。

6.3.2.5 核素在含水层中的迁移

从非饱和带泄漏的核素进入到含水层,在计算核素在含水层中迁移时,本次计算考虑了衰变、吸附、对流和弥散,在计算时,假定:①不存在其他泄漏源项,即 S(t)恒定为 0;②含水层内垂直方向上核素混合均匀;③忽略分子扩散;④考虑核素的衰变;⑤考虑核素沿地下水流方向的迁移。核素在含水层中的迁移可以用下式表示^[8]:

$$R\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_X}{\theta_w} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{q}{\theta_w} \frac{\partial C}{\partial x} - R_T \lambda_T C_P$$
(6.4)

式中,x 是指核素沿地下水流方向迁移的距离,m; t 是从关闭时记起的时间,a; C 为地下水中核素浓度, Bq/m^3 ; q 为地下水的达西流速,m/a; θ_w 是含水层的有效孔隙度, q/θ_w 即为地下水的实际流速,m/a; D_x 为纵向弥散系数, m^2/a , $D_x = a_x q/\theta_w$,其中, a_x 为纵向弥散度,m; λ_T 为核素的衰变常数, a^{-1} 。

Ecolego 软件计算核素在含水层中迁移时,考虑了地下水流的平流输运和弥散,对于平流输运,可以用平流输运的迁移比率 λ_{A} , $_{ij}$ 表示,对于弥散作用,可以用弥散的迁移比率 λ_{D} , $_{ij}$ 表示:

$$\lambda_{A},_{ij} = \frac{q}{\theta_{w} L_{i} R} \tag{6.5}$$

$$\lambda_{D},_{ij} = \frac{a_{x}}{\Delta x} \lambda_{A},_{ij} \tag{6.6}$$

式中, L_i 为含水层中库室的长度,m; Δ_x 为核素在介质中的纵向 迁移距离,m。

6.3.2.6 初始源项

本填埋场工程接收废物按 15 万立方米计算,废物体密度按 3000kg/m³ 计算, 废物比活度保守按指导水平计算, 则填埋场接收废 物的总的放射性活度、关闭时的总活度以及监护期结束后的总活度见 表 6.8。计算时,考虑 ²³⁸U、 ²³⁹Pu、 ²⁴¹Am 和衰变链中的长寿命子体。

) 年后
(Bq)
-12
-10
-13
-15
-12
-10
-13
-11
-11
-11
-10
-13
-11
-12
-15

表 6.8 填埋场工程核素总活度

6.3.2.7 计算参数取值

(1) 入渗量

填埋场在运行期间有防雨棚和人员监护,在监护期(30年)内

 $[\]begin{array}{c} {}^{239}\text{Pu} {\to}^{235}\text{U} {\to}^{231}\text{Pa} {\to}^{227}\text{Ac} \\ {}^{241}\text{Am} {\to}^{237}\text{Np} {\to}^{233}\text{Pa} {\to}^{233}\text{U} {\to}^{220}\text{Th} \\ {}^{238}\text{U} {\to}^{234}\text{U} {\to}^{226}\text{Ra} {\to}^{210}\text{Pb} {\to}^{210}\text{Po} \end{array}$

也有人员在进行现场监护,防止填埋场损坏。因此,保守假定监护期结束后,工程屏障完全失效,雨水进入到填埋单元,进入填埋单元的雨水量保守假定为降雨量的 10%。该值是保守的,主要是填埋场降水一部分通过地表径流流走,一部分通过大气蒸发带走,只有很少一部分进入到填埋单元,本工程位于戈壁沙漠地区,年降雨量只有60.3mm,年蒸发量达到 2538mm,蒸发量远大于降雨量。因此,进入填埋单元的雨水量取降雨量的 10%即 6mm/a 是保守的。

(2) 水文参数

计算过程中涉及的水文参数见表 6.9。由于未进行厂区水文地质详勘,因此,本次假定非饱和层厚度为 10m(场区打了 5 个监测孔,孔深 22m 以下,未见地下水,保守计算,非饱和带厚度取 10m)。含水层厚度取 40m,地下水流速取平均值 0.385m/d,约 140m/a。假定地下水出漏点位于生地湾农场,距离本填埋场地下水下游约 6km

名称	描述	厚度 (m)	长 (m)	干密度 (kg/m³)	有效 孔隙度	实际流速	弥散度
填埋 单元区	混凝土、 碎石等	7m		3000	0.3	入渗量除以有 效孔隙度	不考虑
非饱和带	微风化板 岩	10m	_	2000	0.15	入渗量除以有 效孔隙度	不考虑
含水层	强风化板 岩	40m	6000	2000	0.28	140 m/a	600m

表 6.9 场址水文参数取值

(3) 核素的分配系数

填埋单元中的分配系数、非饱和带中的分配系数以及含水层中各核素的分配系数取自 IAEA-TECDOC-1380, 见表 6.10。

			_
核素	填埋单元	非饱和带	含水层
Cs	2.7E-1	3.0E-1	3.0E-1
Co	6.0E-2	1.5E-2	1.5E-2
Sr	1.3E-2	1.5E-2	1.5E-2
Ni	4.0E-1	4.0E-1	4.0E-1
С	1.0E-1	5.0E-3	5.0E-3
Pu	5.4E-1	3.4E-1	3.4E-1
Н	1.0E-4	0	0
Eu	2.4E-1	2.4E-1	2.4E-1
Np	4.1E-3	3.4E-1	3.4E-1
Am	2.0E+0	3.4E-1	3.4E-1
U	3.3E-2	5.6E-1	5.6E-1
Pa	5.4E-1	3.4E-1	3.4E-1
Ac	4.5E-1	3.4E-1	3.4E-1
Th	3.0E+0	3.0E+0	3.0E+0
Ra	4.9E-1	5.0E-1	5.0E-1
Pb	2.7E-1	3.0E-1	3.0E-1
Po	1.5E-1	1.5E-1	1.5E-1

表 6.10 不同介质中元素的 K_d 值 (m^3/kg)

注: 参数取自 IAEA-TECDOC-1380 报告。

(4) 库室划分及库室参数

由于 Ecolego 软件采用的是库室模型进行核素的迁移计算,因此,填埋单元、非饱和带和含水层中库室的划分对计算结果的精确性至关重要。

计算核素在填埋单元内迁移时,由于假定核素在填埋单元内是均匀分布的,因此,可以不考虑扩散的影响。由于不考虑扩散,核素在填埋单元中的迁移主要考虑随入渗水的迁移,因此把整个填埋单元划分为1个库室可以满足精度要求。

计算核素在非饱和带中迁移时,根据 IAEA 的相关资料和相关的计算,将非饱和带分成 10 个库室。

计算核素在含水层中迁移时,为满足计算精度的要求,库室的数量应该大于等于 Pe 数,其中 Pe 数等于:

$$Pe = \frac{L_T}{a_x}$$

式中, L_T 为含水层的长度,m; a_x 为纵向弥散度,m。根据 IAEA 相关报告和《多孔介质污染物迁移动力学》等相关资料,当考虑宏观

尺度效应时,选纵向弥散度为迁移距离的 1/10,最终将含水层分成 10 个库室。表 6.11、表 6.12、表 6.13 给出了核素在填埋单元、非饱 和带和含水层中迁移的计算参数。

表 6.11 填埋单元的计算参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	1
总的迁移距离	M	7
有效孔隙度	-	0.3
实际流速	m/a	0.02

表 6.12 非饱和带的计算参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	10
总的迁移距离	m	10
有效孔隙度	-	0.15
实际流速	m/a	0.04

表 6.13 含水层的计算参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	10
总的迁移距离	m	6000
对流迁移距离	m	600
弥散面积	m^2	4.0×10^3
弥散距离	m	600
库室体积	m^3	2.4×10^6
弥散度 (考虑宏观尺度效应)	m	600
有效孔隙度	-	0.28
实际流速	m/a	140

6.3.2.8 核素随地下水迁移结果

(1) 核素从填埋单元的释放率

表 6.14 和图 6.4 给出核素从填埋单元底部释放的峰值及其峰值出现时间。填埋单元底部的核素释放率由处置单位内的各核素的活度浓度与填埋单元中各核素的迁移比率的乘积求得。

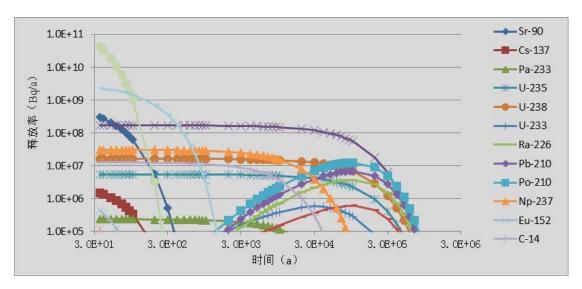


表 6.4 核素从填埋单元底部释放率与时间的关系

(2) 核素从非饱和带的释放率

表 6.15 和图 6.5 给出核素从非饱和带释放的峰值及其峰值出现时间。非饱和带的核素释放率由非饱和带最后一个库室的核素活度与非饱和带中各核素的迁移比率的乘积求得。

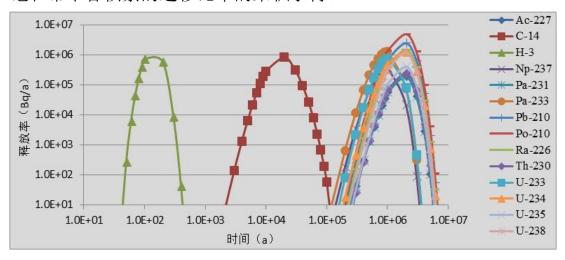


图 6.5 核素从非饱和带的释放率与时间的关系

(3)核素从含水层的释放率及井水中核素浓度

表 6.16 和图 6.6 给出井水中各核素最大浓度以及其峰值出现时间。泉水中放射性核素浓度 C 可以用下式表示:

$$C = \frac{A}{(\theta_w + \rho \times Kd) \times V} \tag{6.7}$$

式中,A 为含水层库室中放射性核素的量,Bq; V 为含水层中库室的体积, m^3 。在计算时,根据现有水文地质资料,地下水含水层厚

度为 40m,本次保守取 20m,含水层宽度取填埋场的宽度为 200m,库室的长度等于核素迁移的距离除以库室的个数,本次核素在地下水中迁移的总的距离取为 6000m,库室的个数取 10 个,因此,每个库室的长度为 600m。

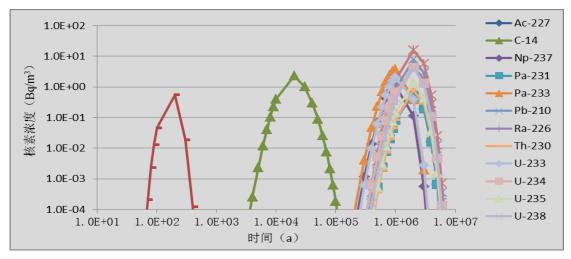


表 6.6 井水中核素浓度与时间的关系

表 6.14 核素从填埋单元底部释放的峰值及其出现时间

核素	Cs-137	Co-60	Sr-90	Ni-63	C-14	Pu-239	H-3	Eu-152	Eu-154	Np-237	Am-241
最大释放率(Bq/a)	1.51E6	4.97E4	2.98E8	2.27E9	1.28E7	2.25E3	4.18E10	4.39E5	1.17E5	3.06E7	5.92E3
最大值时间 (a)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
核素	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227	Pa-233	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210
最大释放率(Bq/a)	5.43E6	1.63E7	1.77E5	2.12E5	8.33E5	5.88E5	6.13E5	1.69E8	3.78E6	6.83E6	1.23E7
最大值时间(a)	30	30	7.0E4	7.0E4	30	3.01E4	9.91E4	30	1.02E5	1.02E5	1.02E5

表 6.15 核素从非饱和带向饱和带释放的峰值及其出现时间

核素	Cs-137	Co-60	Sr-90	Ni-63	C-14	Pu-239	H-3	Eu-152	Eu-154	Np-237	Am-241
最大释放率(Bq/a)	/	/	/	/	8.88E+05	1.79E-04	1.74E+06	/	/	3.76E+05	/
最大值时间(a)	/	/	/	/	1.75E4	2.69E5	139	/	/	1.0E6	/
核素	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227	Pa-233	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210
最大释放率(Bq/a)	4.34E+05	1.31E+06	7.14E+05	7.14E+05	1.32E+06	8.02E+05	2.57E+05	1.39E+06	1.54E+06	2.58E+06	5.15E+06
最大值时间(a)	1.8E6	1.8E6	1.77E6	1.77E6	1.0E6	1.09E6	1.82E6	1.75E6	1.82E6	1.82E6	1.82E6

注: 值小于 1E-12 不再计算

表 6.16 井水中核素浓度峰值及其出现时间

核素	Cs-137	Co-60	Sr-90	Ni-63	C-14	Pu-239	H-3	Eu-152	Eu-154	Np-237	Am-241
泉水浓度(Bq/m³)	/	/	/	/	2.33	/	7.48E-1	/	/	1.15	/
最大值时间 (a)	/	/	/	/	1.90E4	/	170	/	/	1.11E6	/
核素	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227	Pa-233	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210
泉水浓度(Bq/m³)	1.37	4.13	2.25	2.25	4.03	2.45	7.91E-01	4.27	4.76	7.91	1.58E+01
最大值时间(a)	1.98E6	1.98E6	1.94E6	1.94E6	1.11E6	1.19E6	2.03E6	1.94E6	2.03E6	2.03E6	2.03E6

注: 值小于 1E-12 不再计算

6.3.2.9 个人剂量

本报告保守假设填埋场关闭后的时期内,生地湾农场居民饮用井水,饮用井水所致个人剂量由下式计算得到:

$$D_{W,P} = Q \sum_{i} C_i g_g \tag{6.8}$$

式中: D_{WP} 为饮用山泉水所致个人剂量,Sv/a; Q 为饮用水量,成人取 $0.73 \text{m}^3/a$; C_i 为井水中核素 i 的浓度, Bq/m^3 ; g_g 为 i 种核素的食入剂量转换因子,Sv/Bq。

各核素所致剂剂量与时间关系见表 6.17、表 6.18 和图 6.7、图 6.8。

核素	C-14	H-3	Np-237	U-235	U-238	Pa-231	Ac-227
剂量(Sv/a)	9.88E-10	9.83E-12	9.20E-8	4.69E-08	1.35E-07	1.17E-06	1.81E-06
出现时间 (a)	1.90E4	170	1.11E6	1.98E4	1.98E6	1.94E6	1.94E6
核素	Pa-233	U-233	Th-230	U-234	Ra-226	Pb-210	Po-210
剂量(Sv/a)	2.55E-09	9.10E-08	1.21E-07	1.53E-07	9.70E-07	3.99E-06	1.39E-05
出现时间(a)	1.11E6	1.19E6	2.03E6	1.94E6	2.03E6	2.03E6	2.03E6

表 6.17 各核素所致个人最大剂量其出现时间

注: 值小于 1E-12 不再计算

表 6.18 填埋场关闭后剂量峰值及出现时间

核素	第一个剂	刊量峰值	第二个家	刊量峰值
1次系	剂量(Sv/a)	占比	剂量(Sv/a)	占比
C-14	9.88E-10	100%	/	/
Np-237	/	/	2.73E-08	0.1%
U-235	/	/	4.69E-08	0.2%
U-238	/	/	1.35E-07	0.6%
Pa-231	/	/	1.16E-06	5.2%
Ac-227	/	/	1.79E-06	8.0%
Pa-233	/	/	2.16E-10	0.0%
U-233	/	/	1.29E-08	0.1%
Th-230	/	/	1.21E-07	0.5%
U-234	/	/	1.51E-07	0.7%
Ra-226	/	/	9.70E-07	4.4%
Pb-210	/	/	3.99E-06	17.9%
Po-210	/	/	1.39E-05	62.3%
总剂量	9.88E-10	100%	2.23E-05	100.0%
出现时间(a)	1.90	E+4	2.03	E+06

由表和图可见,填埋场关闭后,公众饮水途径对公众造成的剂量随时间逐渐增大,在关闭后的1.9E4年左右达到第一个峰值,剂量为9.88E-10Sv/a,此时,关键核素为C-14,对公众剂量贡献占比约100%;

随后逐渐减少,2.0E5 年左右达到低谷,然后逐渐增大,在2.03E6 年左右达到第二个剂量峰值,剂量为2.23E-05Sv/a,关键核素为Po-210,对公众剂量贡献占比约62.3%。

综上,本工程关闭后所致公众剂量最大值为 2.23E-05Sv/a,小于剂量约束值 0.05mSv/a,关键核素为 Po-210。

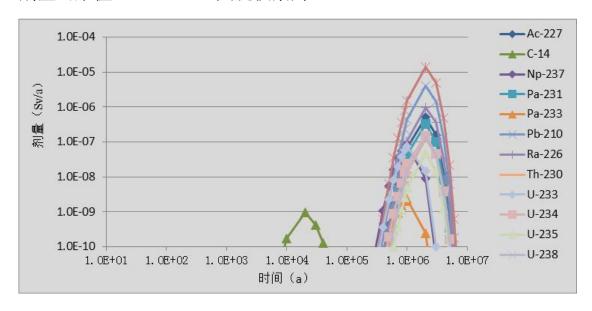


图 6.7 各核素所致公众剂量与时间的关系

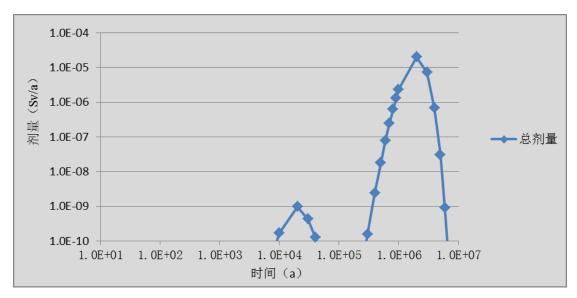


图 6.8 各核素所致公众总剂量与时间的关系

6.3.3 事故影响

本工程位于核技术产业园区,该园区建设用地属于工业用地,因此,关闭后的事故景象考虑工业用地景象进行分析,计算参考《推导

退役后场址土壤中放射性残存物可接受活度浓度的照射情景、计算模 式和参数》(EJ/T 1191-2005)给出的工业照射情景、参数和模式进行 计算。考虑的事故景象主要有填埋场下游边界处打井饮水,以及在填 埋单元上方钻孔、钻孔后岩芯撒落、建造办公用房以及在填埋场上方 居住办公景象。本次计算事故景象发生在填埋场有组织监控期满后 (关闭后 30 年)和关闭后 100 年。

6.3.3.1 处置场下游边界打井饮水

假定打井位于填埋场周界地下水下游 100m 处。核素随地下水的 迁移概化模型与正常情况下的一致, 计算时库室的划分与正常情况下 库室的划分相同。核素从填埋单元出来以后,先进入非饱和带,然后 进入到含水层进入到井水中, 计算过程中填埋库和非饱和带库室的相 关参数与正常情况下的参数相同,由于在填埋场下游边界打井,使得 含水层库室的参数与正常情况下的参数有所改变, 计算时含水层中的 相关参数见表 6.19。表 6.20、表 6.21 和图 6.9、图 6.10 给出了打井时 各核素所致个人最大有效剂量。。

表 6.19 打井景象时含水层库室的相关参数 库室情况 单位 数值 库室个数 10 总的迁移距离 100 m 对流迁移距离 10 m m^2 4.0×10^{3} 弥散面积 弥散距离 m 10 库室体积 m^3 4.0×10^4 弥散度 10 m 140 实际流速 m/a

各核素所致个人最大剂量其出现时间 表 6.20 核素 C-14 H-3 U-235 U-238 Pa-231 Np-237 Ac-227 剂量(Sv/a) 6.98E-11 9.63E-8 4.76E-08 1.37E-07 1.18E-06 1.19E-09 1.83E-06 出现时间(a) 1.75E4 140 1.00E6 1.80E4 1.80E6 1.77E6 1.77E6 核素 Pa-233 U-233 Th-230 U-234 Ra-226 Pb-210 Po-210 剂量 (Sv/a) 2.66E-09 9.52E-08 1.26E-07 1.58E-07 1.01E-06 4.13E-06 1.44E-05 出现时间(a) 1.00E6 1.09E6 1.82E6 1.75E6 1.82E6 1.82E6 1.82E6

注: 值小于 1E-12 不再计算

表 6.21 填埋场关闭后剂量峰值及出现时间

核素	第一个剂	引量峰值	第二个剂	引量峰值
[剂量(Sv/a)	占比	剂量(Sv/a)	占比
C-14	1.19E-09	100%	/	/
Np-237	/	/	4.38E-08	0.2%
U-235	/	/	4.76E-08	0.2%
U-238	/	/	1.37E-07	0.6%
Pa-231	/	/	1.18E-06	5.1%
Ac-227	/	/	1.82E-06	7.9%
Pa-233	/	/	3.47E-10	0.0%
U-233	/	/	1.98E-08	0.1%
Th-230	/	/	1.26E-07	0.5%
U-234	/	/	1.57E-07	0.7%
Ra-226	/	/	1.01E-06	4.4%
Pb-210	/	/	4.13E-06	17.9%
Po-210	/	/	1.44E-05	62.3%
总剂量	1.19E-09	100%	2.30E-05	100.0%
出现时间(a)	1.75	75E+4 1.82E+06		

由表和图可见,填埋场关闭后在填埋场边界处打井,公众饮水途径对公众造成的剂量随时间逐渐增大,在关闭后的 1.75E4 年左右达到第一个峰值,剂量为 1.19E-9Sv/a,此时,关键核素为 C-14,对公众剂量贡献占比约 100%;随后逐渐减少,1.8E5 年左右达到低谷,然后逐渐增大,在 1.82E6 年左右达到第二个剂量峰值,剂量为 2.30E-05Sv/a,关键核素为 Po-210,对公众剂量贡献占比约 62.3%。

综上,本工程关闭后填埋场边界处打井所致公众剂量最大值为2.30E-05Sv/a,小于事故控制值1mSv/a,关键核素为Po-210。

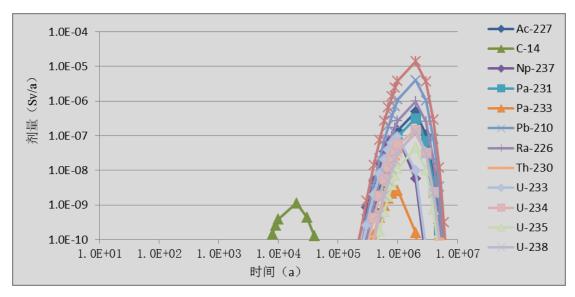


图 6.9 各核素所致公众剂量与时间的关系

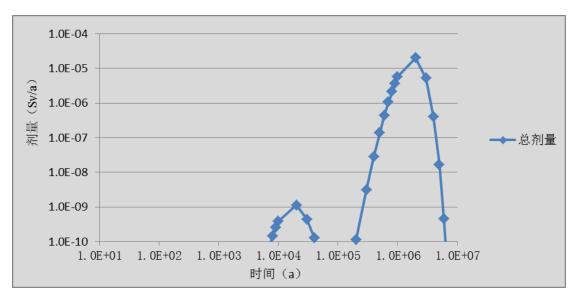


图 6.10 各核素所致公众总剂量与时间的关系

6.3.3.2 钻孔

假定钻孔发生在填埋单元关闭后 30、100 年内,考虑因外照射和粉尘吸入内照射二种途径。钻探岩芯直径 D=0.1m,含有废物的长度为 L=7m,核素均匀分布,简化为线源,操作人员距岩芯 R=0.5m,操作人员因某种核素外照射所致剂量为:

$$H_{\text{h}} = t \frac{47.4 \, \text{A} \, \Gamma}{LR} t g^{-1} \frac{L}{2R} \tag{6.9}$$

式中, H_{H} 为外照射所致剂量,Sv; t为工作人员接触含有废物的岩芯时间,s,假定为 28800s(8h); A 为 7m 长的岩芯中放射性核素活度, $Bq; \Gamma$ 为照射量率常数, $Cm^2 kg^{-1} Bq^{-1} s^{-1}$,在考虑不同核素的衰变类型和能量及 30 年、100 年剩余在填埋单元内的比活度,外照射 考虑 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{152}Eu 、 ^{154}Eu 等。 提取的岩芯体积为 $V=\pi\times0.05^2\times7=0.055~m^3$,岩芯中的放射性核素活度为 $A=\frac{V}{V_{\text{处置库}}}\times A$ (,A(t)为经过 t 时间后填埋单元内剩余的放射性核素活度, $V_{\text{处置库}}$ 为填埋场中放射性废物的体积, $1.5\times10^5m^3$ 。表 6.22 给出了填埋场关闭 30 年、100 年后填埋库中、岩芯中以及空气中核素活度。

假定为干法钻探,根据《中国核工业三十年辐射环境质量评价》 (潘自强等编著,原子能出版社,1994),地区空气中灰尘范围为 $10^{-5} \sim 10^{-2}$ g/m³, 计算取值为 1×10^{-2} g/m³, 并假定全部是钻探所致的含有废物的灰尘, 因吸入某种核素内照射所致剂量为:

$$H_{\rm th} = t\eta CF \tag{6.10}$$

式中,H 为吸入所致内照射剂量,Sv; η 为从事体力工作者的空气呼吸率, $0.02\text{m}^3/\text{min}$; t 为接触时间,假定接触 480min(8 小时);F 为吸入剂量转换因子,Sv/Bq,其值见表 6.23;C 为空气中核素浓度, Bq/m^3 , $C = \frac{A(t)}{V_{\text{MIR}} \times \rho} \times \text{S}$,S 为空气中的载尘量, $1 \times 10^{-2} \text{g/m}^3$ 。

表 6.24 给出了不同时间钻孔事故所致操作人员剂量,从表中可以看出,30a 和 100a 时的个人有效剂量分别为 5.30×10⁻⁵Sv 和 5.18×10⁻⁵Sv,关键核素均为 ²³⁴U,关键途径均为吸入放射性核素造成的内照射,小于剂量控制值 1mSv/次。

表 6.22 填埋库、岩芯以及空气放射性活度、比活度

	1					
核素	30年			100年		
	处置库中 剩余活度 (Bq)	岩芯中总 活度(Bq)	空气中核 素浓度 (Bq/m³)	处置库中 剩余活度 (Bq)	岩芯中总 活度(Bq)	空气中核 素浓度 (Bq/m³)
Cs-137	1.63E+12	5.98E+05	3.62E-02	3.28E+11	1.20E+05	7.28E-03
Co-60	2.16E+10	7.92E+03	4.80E-04	2.18E+06	7.99E-01	4.84E-08
Sr-90	1.57E+13	5.76E+06	3.49E-01	2.98E+12	1.09E+06	6.61E-02
Ni-63	3.30E+15	1.21E+09	7.33E+01	2.03E+15	7.45E+08	4.51E+01
C-14	4.48E+12	1.64E+06	9.96E-02	4.44E+12	1.63E+06	9.86E-02
Pu-239	4.49E+10	1.65E+04	9.98E-04	4.49E+10	1.65E+04	9.97E-04
H-3	4.08E+13	1.50E+07	9.07E-01	8.15E+11	2.99E+05	1.81E-02
Eu-152	4.77E+11	1.75E+05	1.06E-02	1.24E+10	4.56E+03	2.77E-04
Eu-154	1.63E+11	5.98E+04	3.62E-03	6.58E+08	2.41E+02	1.46E-05
Np-237	4.50E+11	1.65E+05	1.00E-02	4.50E+11	1.65E+05	1.00E-02
Am-241	4.19E+10	1.54E+04	9.31E-04	3.74E+10	1.37E+04	8.31E-04
U-234	1.98E+13	7.27E+06	4.40E-01	1.98E+13	7.27E+06	4.40E-01
U-235	6.75E+11	2.48E+05	1.50E-02	6.75E+11	2.48E+05	1.50E-02
U-238	2.03E+12	7.43E+05	4.50E-02	2.03E+12	7.43E+05	4.50E-02

表 6.23 核素的剂量率转换因子

核素	食入剂量转换因 子 <i>F_i</i>	吸入剂量转换因 子 F	外照射剂量转换 因子(Sv/a)/ (Bq/m²)	Γ 为照射量率常 数 C m ² kg ⁻¹ Bq ⁻¹ s ⁻¹
Cs-137	1.30E-08	3.90E-08	1.8E-8	6.32E-19
Co-60	3.40E-09	3.10E-08	7.5E-8	2.56E-18
Sr-90	2.80E-08	1.60E-07	3.5E-9	/
Ni-63	1.50E-10	1.30E-09	0	0
C-14	5.80E-10	5.80E-09	0	0
Pu-239	2.50E-07	1.20E-04	2.8E-11	/
H-3	4.20E-11	2.60E-10	0	0
Eu-152	1.40E-09	4.20E-08	1.9E-9	8.80E-19
Eu-154	2.00E-09	5.30E-08	3.8E-8	1.24E-18
Np-237	1.10E-07	5.00E-05	7.2E-9	/
Am-241	2.00E-07	9.60E-05	8.9E-10	2.30E-20
U-234	4.90E-08	9.40E-06	5.3E-8	/
U-235*	4.70E-08	8.50E-06	5.3E-9	/
U-238*	4.50E-08	8.00E-06	6.0E-8	/

表 6.24 钻孔事故下公众个人所受剂量

		30年			100年	
核素	外照射剂	吸入剂量	总剂量	外照射剂	吸入剂量	总剂量
	量(Sv)	(S_{V})	(S_{V})	量(Sv)	(S_{V})	(S_V)
Cs-137	2.11E-07	1.36E-08	2.24E-07	4.23E-08	2.73E-09	4.50E-08
Co-60	1.13E-08	1.43E-10	1.14E-08	1.14E-12	1.44E-14	1.15E-12
Sr-90	0.00E+00	5.36E-07	5.36E-07	0.00E+00	1.02E-07	1.02E-07
Ni-63	0.00E+00	9.15E-07	9.15E-07	0.00E+00	5.63E-07	5.63E-07
C-14	0.00E+00	5.54E-09	5.54E-09	0.00E+00	5.49E-09	5.49E-09
Pu-239	0.00E+00	1.15E-06	1.15E-06	0.00E+00	1.15E-06	1.15E-06
H-3	0.00E+00	2.26E-09	2.26E-09	0.00E+00	4.52E-11	4.52E-11
Eu-152	8.58E-08	4.27E-09	9.01E-08	2.24E-09	1.12E-10	2.35E-09
Eu-154	4.13E-08	1.84E-09	4.31E-08	1.67E-10	7.44E-12	1.74E-10
Np-237	0.00E+00	4.80E-06	4.80E-06	0.00E+00	4.80E-06	4.80E-06
Am-241	1.97E-10	8.58E-07	8.58E-07	1.76E-10	7.66E-07	7.66E-07
U-234	0.00E+00	3.97E-05	3.97E-05	0.00E+00	3.97E-05	3.97E-05
U-235*	0.00E+00	1.22E-06	1.22E-06	0.00E+00	1.22E-06	1.22E-06
U-238*	0.00E+00	3.46E-06	3.46E-06	0.00E+00	3.46E-06	3.46E-06
合计	3.50E-07	5.27E-05	5.30E-05	4.49E-08	5.18E-05	5.18E-05

6.3.3.3 钻探后岩芯撒落

钻探带出的 7m 长的岩芯撒落,污染土壤,使闯入者受到照射。 考虑的照射途径有污染土壤再悬浮的吸入内照射、污染土壤的直接外 照射,照射途径见图 6.11。岩芯撒落后均匀分布在 2500m²、厚度为 0.15m 的土壤中,土壤密度为 2000kg/m³。根据岩芯体积,求出土壤 中核素比活度和土壤表面比活度。结果列于表 6.25。

	30	Oa -	10	0a			
核素	土壤中核素比活	土壤表面比活度	土壤中核素比	土壤表面比活			
	度(Bq/kg)	(Bq/m^2)	活度(Bq/kg)	度(Bq/m²)			
Cs-137	7.97E-01	2.39E+02	1.60E-01	4.80E+01			
Co-60	1.06E-02	3.17E+00	1.07E-06	3.20E-04			
Sr-90	7.68E+00	2.30E+03	1.45E+00	4.36E+02			
Ni-63	1.61E+03	4.84E+05	9.93E+02	2.98E+05			
C-14	2.19E+00	6.57E+02	2.17E+00	6.51E+02			
Pu-239	2.20E-02	6.59E+00	2.19E-02	6.58E+00			
H-3	1.99E+01	5.98E+03	3.99E-01	1.20E+02			
Eu-152	2.33E-01	7.00E+01	6.08E-03	1.83E+00			
Eu-154	7.97E-02	2.39E+01	3.22E-04	9.65E-02			
Np-237	2.20E-01	6.60E+01	2.20E-01	6.60E+01			
Am-241	2.05E-02	6.15E+00	1.83E-02	5.48E+00			
U-234	9.69E+00	2.90E+03	9.69E+00	2.90E+03			
U-235	3.30E-01	9.90E+01	3.30E-01	9.90E+01			
U-238	9.90E-01	2.97E+02	9.90E-01	2.97E+02			

表 6.25 污染土壤的放射性比活度和地表浓度

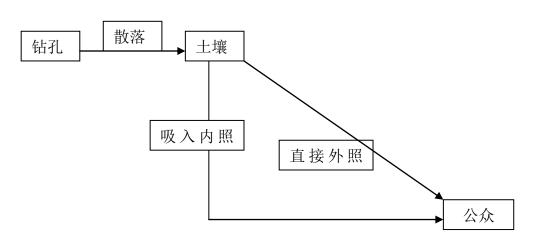


图 6.11 岩芯撒落的照射途径

(1) 外照射

由下述公式计算地表沉积外照射的个人年有效剂量 H:

$$H = \sum_{i} C_{i} \cdot S \cdot g_{gi} \cdot t \tag{6.11}$$

式中, C_i 为核素 i 的地表浓度, Bq/m^2 ;S 为建筑物屏蔽因子,取 S=1; g_{gi} 为核素的外照射剂量转换因子,见表 6.23;t 为一年中照射的时间份额,取 t=0.3。表 6.26 给出了岩芯撒落造成的个人外照射剂量,由表可以看出,30a、100a 年外照射所致个人剂量分别为 $5.59 \times 10^{-5} Sv/a$ 、 $5.25 \times 10^{-5} Sv/a$,剂量最大贡献者均为234U。

(2) 吸入内照射

由于土壤可能悬浮到空气中,导致吸入内照射,计算公式采用公式 6.10,时间 t 取 0.3 年, η 取 8400m³/a,空气载尘量为 1×10^{-3} g/m³。表 6.26 给出了吸入悬浮土壤造成的个人内照射年有效剂量,从表中可以看出, 234 U 是内照射剂量的最大贡献者,30a、100a 年吸入内照射所致个人剂量分别为 3.04×10^{-7} Sv/a、 2.99×10^{-7} Sv/a。

(3) 总剂量

由表 6.26 可以看出,填埋场关闭后 30 年、100a,岩心洒落事故造成的最大个人剂量分别为 5.62×10⁻⁵Sv/a 和 5.28×10⁻⁵Sv/a,小于本次设定的事故剂量控制值 1mSv/a。关键核素均为 ²³⁴U,关键照射途径为外照射途径。

表 6.26 岩芯洒落事故下公众吸入和外照射途径个人所受剂量

		30年		100年			
核素	外照射剂	吸入剂量	总剂量	外照射剂	吸入剂量	总剂量	
	量(Sv/a)	(Sv/a)	(Sv/a)	量(Sv/a)	(Sv/a)	(Sv/a)	
Cs-137	1.29E-06	7.83E-11	1.29E-06	2.59E-07	1.57E-11	2.59E-07	
Co-60	7.13E-08	8.25E-13	7.13E-08	7.19E-12	8.32E-17	7.19E-12	
Sr-90	2.42E-06	3.09E-09	2.42E-06	4.58E-07	5.87E-10	4.59E-07	
Ni-63	0.00E+00	5.29E-09	5.29E-09	0.00E+00	3.25E-09	3.25E-09	
C-14	0.00E+00	3.20E-11	3.20E-11	0.00E+00	3.17E-11	3.17E-11	
Pu-239	5.53E-11	6.64E-09	6.69E-09	5.53E-11	6.63E-09	6.69E-09	
H-3	0.00E+00	1.31E-11	1.31E-11	0.00E+00	2.61E-13	2.61E-13	
Eu-152	3.99E-08	2.47E-11	3.99E-08	1.04E-09	6.44E-13	1.04E-09	
Eu-154	2.73E-07	1.06E-11	2.73E-07	1.10E-09	4.29E-14	1.10E-09	
Np-237	1.43E-07	2.77E-08	1.70E-07	1.43E-07	2.77E-08	1.70E-07	
Am-241	1.64E-09	4.96E-09	6.60E-09	1.46E-09	4.42E-09	5.89E-09	
U-234	4.61E-05	2.29E-07	4.64E-05	4.61E-05	2.29E-07	4.64E-05	
U-235*	1.58E-07	7.05E-09	1.65E-07	1.58E-07	7.05E-09	1.65E-07	
U-238*	5.36E-06	2.00E-08	5.38E-06	5.36E-06	2.00E-08	5.38E-06	
合计	5.59E-05	3.04E-07	5.62E-05	5.25E-05	2.99E-07	5.28E-05	

6.3.3.4 建造办公用房

填埋场关闭监视期结束后,假定关于填埋单元的资料已经缺失,园区规划时在填埋场上方建办公厂房。假定建房时建筑地基将所填埋的废物挖出,主要计算建筑工人所受的剂量。建筑工人主要受到的剂量为吸入悬浮在空气中的放射性气溶胶造成的内照射、食入土壤造成的内照射和施工过程中的直接外照射(见表 6.27)。

根据 EJ/T 1191-2005 给出的计算公式:

 $H_{h}=C_{soil}\times DCF_{h}\times FA\times FD\times FC\times FO$

式中: Csoil: 废物体中核素的比活度, Bq/g;

DCF_n: 外照射剂量转换因子,(mSv/a)/(Bq/g);

FA: 面积修正系数,面积超过1200m²,取1。

FD: 深度修正系数,污染深度超过1m,取1。

FC:覆盖层修正系数,保守取1。

FO: 居留因子。在建筑施工过程中,地基开挖施工一般取 2 个月,每天工作 8 小时,则居留因子为 1/18。

表 6.27 建房时建筑工人所受外照射剂量估算

	比活度	关闭时平	/ (1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/		剂量转	外照射剂量	(mSv/a)
核素	限值 (Bq/g)	均比活度 (Bq/g)	30年	100a	换因子	30年	100a
Cs-137	10	7.23E+00	3.63E+00	7.29E-01	0.92	1.86E-01	3.72E-02
Co-60	10	2.49E+00	4.81E-02	4.84E-06	4.4	1.18E-02	1.18E-06
Sr-90	100	7.15E+01	3.50E+01	6.60E+00	6.60E-03	1.28E-02	2.42E-03
Ni-63	10000	9.03E+03	7.34E+03	4.52E+03	0	0.00E+00	0.00E+00
C-14	10	9.98E+00	9.95E+00	9.86E+00	0	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	0.1	1.00E-01	9.99E-02	9.97E-02	8.00E-05	4.44E-07	4.43E-07
H-3	1000	4.85E+02	9.07E+01	1.81E+00	0	0.00E+00	0.00E+00
Eu-152	10	5.06E+00	1.06E+00	2.76E-02	1.89	1.11E-01	2.90E-03
Eu-154	10	3.83E+00	3.61E-01	1.46E-03	2.07	4.15E-02	1.68E-04
Np-237	1	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	0.3	1.67E-02	1.67E-02
Am-241	0.1	9.76E-02	9.30E-02	8.32E-02	1.18E-02	6.10E-05	5.45E-05
U-234	44	4.40E+01	4.40E+01	4.40E+01	1.09E-04	2.66E-04	2.66E-04
U-235*	1.5	1.50E+00	1.50E+00	1.50E+00	0.204	1.70E-02	1.70E-02
U-238*	4.5	4.50E+00	4.50E+00	4.50E+00	0.037	9.26E-03	9.26E-03

式中: Csoil: 废物体中核素的比活度, Bq/g;

ASR: 空气/土壤浓度比,取值为 1×10⁻³g/m³;

DCF_{内, 吸}: 吸入内照射剂量转换因子, Sv/Bq;

FA: 面积修正系数,面积超过1200m²,取1。

FCD: 覆盖与深度修正系数,保守取1。

FI: 空气年摄入量,取 8400m³/a。

FO: 居留因子。在建筑施工过程中, 地基施工一般取 2 个月, 每天工作 8 小时,则居留因子为 1/18。

表 6.28 建房时建筑工人吸入内照射剂量估算

核素	比活度			剂量转	吸入内照 (mS·		
	限值	活度	30年	100a	换因子	30年	100a
Cs-137	10	7.23E+00	3.63E+00	7.29E-01	3.90E-08	6.61E-05	1.33E-05
Co-60	10	2.49E+00	4.81E-02	4.84E-06	3.10E-08	6.96E-07	7.00E-11
Sr-90	100	7.15E+01	3.50E+01	6.60E+00	1.60E-07	2.61E-03	4.93E-04
Ni-63	10000	9.03E+03	7.34E+03	4.52E+03	1.30E-09	4.45E-03	2.74E-03
C-14	10	9.98E+00	9.95E+00	9.86E+00	5.80E-09	2.69E-05	2.67E-05
Pu-239	0.1	1.00E-01	9.99E-02	9.97E-02	1.20E-04	5.59E-03	5.58E-03
H-3	1000	4.85E+02	9.07E+01	1.81E+00	2.60E-10	1.10E-05	2.20E-07
Eu-152	10	5.06E+00	1.06E+00	2.76E-02	4.20E-08	2.08E-05	5.41E-07
Eu-154	10	3.83E+00	3.61E-01	1.46E-03	5.30E-08	8.93E-06	3.61E-08
Np-237	1	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	5.00E-05	2.33E-02	2.33E-02
Am-241	0.1	9.76E-02	9.30E-02	8.32E-02	9.60E-05	4.17E-03	3.73E-03
U-234	44	4.40E+01	4.40E+01	4.40E+01	9.4E-06	1.93E-01	1.93E-01
U-235*	1.5	1.50E+00	1.50E+00	1.50E+00	8.50E-06	5.96E-03	5.96E-03
U-238*	4.5	4.50E+00	4.50E+00	4.50E+00	8.00E-06	1.68E-02	1.68E-02

 $H_{\text{A} \text{@}} = C_{\text{soil}} \times \text{FSI} \times \text{DCF}_{\text{A}} \text{@} \times \text{FA} \times \text{FCD} \times \text{FI} \times \text{FO}$

式中: C_{soil}: 废物体中核素的比活度, Bq/g;

FSI: 土壤的年摄入量,取值为36.5g/a;

DCF 内食: 食入内照射剂量转换因子, Sv/Bq;

FA: 面积修正系数,面积超过1000m²,取1。

FCD: 覆盖与深度修正系数,保守取1。

FO: 居留因子。在建筑施工过程中,地基施工一般取 2 个月,每天工作 8 小时,则居留因子为 1/18。

表 6.29 建房时建筑工人食入土壤造成的内照射剂量估算

核素	比活度	关闭时比 活度	关闭后比活度		剂量转	食入内縣 (mS	
	限值	(Bq/g)	30年	100a	换因子	30年	100a
Cs-137	10	7.23E+00	3.63E+00	7.29E-01	1.30E-08	9.57E-05	1.92E-05
Co-60	10	2.49E+00	4.81E-02	4.84E-06	3.40E-09	3.32E-07	3.34E-11
Sr-90	100	7.15E+01	3.50E+01	6.60E+00	2.80E-08	1.99E-03	3.75E-04
Ni-63	10000	9.03E+03	7.34E+03	4.52E+03	1.50E-10	2.23E-03	1.37E-03
C-14	10	9.98E+00	9.95E+00	9.86E+00	5.80E-10	1.17E-05	1.16E-05
Pu-239	0.1	1.00E-01	9.99E-02	9.97E-02	2.50E-07	5.06E-05	5.05E-05
H-3	1000	4.85E+02	9.07E+01	1.81E+00	4.20E-11	7.72E-06	1.54E-07
Eu-152	10	5.06E+00	1.06E+00	2.76E-02	1.40E-09	3.01E-06	7.84E-08
Eu-154	10	3.83E+00	3.61E-01	1.46E-03	2.00E-09	1.46E-06	5.92E-09
Np-237	1	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.10E-07	2.23E-04	2.23E-04
Am-241	0.1	9.76E-02	9.30E-02	8.32E-02	2.00E-07	3.77E-05	3.37E-05
U-234	44	4.40E+01	4.40E+01	4.40E+01	4.90E-08	4.36E-03	4.36E-03
U-235	1.5	1.50E+00	1.50E+00	1.50E+00	4.70E-08	1.43E-04	1.43E-04
U-238	4.5	4.50E+00	4.50E+00	4.50E+00	4.50E-08	4.13E-04	4.13E-04

表 6.30 和表 6.31 给出了填埋场关闭后 30 年、100 年建筑工人所受剂量,由表可以看出,关闭后 30 年,建筑工人所受剂量为 0.672mSv/a,小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a,关键核素为 U-234,关键途径为外照射;关闭后 100 年,建筑工人所受剂量为 0.351mSv/a,关键核素为 U-234,关键途径为吸入内照射。

表 6.30 填埋场关闭后 30 年建房时建筑工人所受总剂量

核素	外照射	吸入内照	食入内照	总剂量	比例
核系	(mSv/a)	射(mSv/a)	射(mSv/a)	(mSv/a)	LL[7]
Cs-137	1.86E-01	6.61E-05	9.57E-05	1.86E-01	27.7%
Co-60	1.18E-02	6.96E-07	3.32E-07	1.18E-02	1.8%
Sr-90	1.28E-02	2.61E-03	1.99E-03	1.74E-02	2.6%
Ni-63	0.00E+00	4.45E-03	2.23E-03	6.68E-03	1.0%
C-14	0.00E+00	2.69E-05	1.17E-05	3.86E-05	0.0%
Pu-239	4.44E-07	5.59E-03	5.06E-05	5.64E-03	0.8%
H-3	0.00E+00	1.10E-05	7.72E-06	1.87E-05	0.0%
Eu-152	1.11E-01	2.08E-05	3.01E-06	1.11E-01	16.5%
Eu-154	4.15E-02	8.93E-06	1.46E-06	4.15E-02	6.2%
Np-237	1.67E-02	2.33E-02	2.23E-04	4.02E-02	6.0%
Am-241	6.10E-05	4.17E-03	3.77E-05	4.27E-03	0.6%
U-234	2.66E-04	1.93E-01	4.36E-03	1.98E-01	29.4%
U-235*	1.70E-02	5.96E-03	1.43E-04	2.31E-02	3.4%
U-238*	9.26E-03	1.68E-02	4.13E-04	2.65E-02	3.9%
合计	4.06E-01	2.56E-01	9.57E-03	6.72E-01	100.0%
比例	60.5%	38.1%	1.4%	100.00%	

核 外照射 吸入内照 食入内照 总剂量 比例 素 (mSv/a)射 (mSv/a) 射(mSv/a) (mSv/a)1.33E-05 Cs-137 3.72E-02 1.92E-05 3.72E-02 10.6% Co-60 1.18E-06 7.00E-11 3.34E-11 1.18E-06 0.0% 2.42E-03 2.61E-03 1.99E-03 7.02E-03 2.0% Sr-90 Ni-63 0.00E+004.45E-03 2.23E-03 6.68E-03 1.9% 0.00E+000.0% C-14 2.69E-05 1.17E-05 3.86E-05 Pu-239 5.59E-03 4.43E-07 5.06E-05 5.64E-03 1.6% H-3 0.00E+001.10E-05 7.72E-06 1.87E-05 0.0% Eu-152 2.90E-03 2.08E-05 3.01E-06 2.92E-03 0.8% Eu-154 1.68E-04 8.93E-06 1.46E-06 1.78E-04 0.1% Np-237 1.67E-02 2.33E-02 2.23E-04 4.02E-02 11.4% 4.17E-03 3.77E-05Am-241 5.45E-05 4.26E-03 1.2% U-234 2.66E-04 1.93E-01 1.98E-01 56.2% 4.36E-03 U-235 1.70E-02 1.43E-04 5.96E-03 2.31E-02 6.6% U-238 2.65E-02 9.26E-03 1.68E-02 4.13E-04 7.5%

表 6.31 填埋场关闭后 100 年建房时建筑工人所受总剂量

6.3.3.5 办公居住景象

8.60E-02

24.5%

合计

比例

办公室/工厂建成后,工作人员在内进行办公,假定办公室/工厂与填埋废物之间有 30cm 厚混凝土地基,办公室外绿化带直接种植在废物上,办公时间为每天 8h,每年工作 250 天,其中办公室内时间占比为 95%,室外时间占比为 5%。

9.49E-03

2.7%

3.51E-01

100.00%

100.0%

计算公式与 6.3.3.3 节公式一致,只是部分参数需要调整。对于外照射,由于室内与废物体有 30cm 厚的混凝土,因此,室内工作时间考虑混凝土的屏蔽作用(计算公式见下式),室外时间不考虑屏蔽作用。对于吸入内照射,由于对废物体基本不存在扰动,ASR 取 1 ×10⁻⁴g/m³; 食入土壤内照射时间份额按照室外时间份额计算,约为1/40。

 $H^* = H_0 \times 10^{-L/\Delta L}$

式中: H*: 屏蔽后所受的剂量, mSv/a;

2.56E-01

72.8%

H₀: 为没有屏蔽层时所受的外照射剂量, mSv/a;

L: 屏蔽层厚度, cm;

 Δ L: 屏蔽材料针对某核素的 1/10 值层厚度,cm,混凝土中主要核素的 Δ L 值见下表 6.32。

表 6.32 混凝土中主要核素的 ΔL值**

核素	xL (cm)
Cs-137	16.3
Co-60	20.3
Sr-90*	5
Ni-63*	5
C-14*	5
Pu-239*	5
H-3*	5
Eu-152	18
Eu-154	18
Np-237	15
Am-241	10
U-234	5
U-235	10
U-238*	5

注: *: 查表,数值很小,基本小于5cm,计算保守按5cm计算。

表 6.33~表 6.36 给出了填埋场关闭后 30 年、100 年,工作人员在厂址上方新建的办公楼办公所受剂量,由表可以看出,关闭后 30 年,办公人员所受剂量为 0.221mSv/a,小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a,关键核素为 U-234,关键途径为外照射;关闭后 100 年,办公人员所受剂量为 0.127mSv/a,小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a,关键核素为 U-234,关键途径为吸入内照射。

表 6.33 居住办公外照射剂量估算

		-LC 0.33		1 3111/343 / 14 ====			
		30年		100 年			
核素	室内所受 剂量 (mSv/a)	室外所受 剂量 (mSv/a)	外照射剂 量 (mSv/a)	室内所受 剂量 (mSv/a)	室外所受 剂量 (mSv/a)	外照射剂 量(mSv/a)	
Cs-137	1.09E-02	3.98E-02	5.07E-02	2.19E-03	7.98E-03	1.02E-02	
Co-60	1.59E-03	2.52E-03	4.11E-03	1.60E-07	2.54E-07	4.14E-07	
Sr-90	5.23E-08	2.75E-03	2.75E-03	9.85E-09	5.19E-04	5.19E-04	
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Pu-239	1.81E-12	9.51E-08	9.51E-08	1.80E-12	9.50E-08	9.50E-08	
H-3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Eu-152	9.76E-03	2.39E-02	3.37E-02	2.54E-04	6.21E-04	8.75E-04	
Eu-154	3.64E-03	8.90E-03	1.25E-02	1.47E-05	3.60E-05	5.07E-05	
Np-237	6.79E-04	3.57E-03	4.25E-03	6.79E-04	3.57E-03	4.25E-03	
Am-241	2.48E-07	1.31E-05	1.33E-05	2.22E-07	1.17E-05	1.19E-05	
U-234	1.09E-09	5.71E-05	5.71E-05	1.09E-09	5.71E-05	5.71E-05	
U-235	6.94E-05	3.64E-03	3.71E-03	6.94E-05	3.64E-03	3.71E-03	
U-238	3.75E-08	1.98E-03	1.98E-03	3.75E-08	1.98E-03	1.98E-03	
合计	2.66E-02	8.71E-02	1.14E-01	3.21E-03	1.84E-02	2.16E-02	

^{**:} 表中数据查自辐射防护导论,部分数据来自插值。

表 6.34 居住办公内照射剂量估算

		30年		100年			
核素	吸入内照 射 (mSv/a)	食入土壤 内照射 (mSv/a)	内照射剂 量(mSv/a)	吸入内照 射 (mSv/a)	食入土壤 内照射 (mSv/a)	内照射剂 量(mSv/a)	
Cs-137	2.72E-05	1.97E-05	4.69E-05	5.46E-06	3.95E-06	9.41E-06	
Co-60	2.86E-07	6.81E-08	3.54E-07	2.88E-11	6.86E-12	3.57E-11	
Sr-90	1.08E-03	4.08E-04	1.49E-03	2.03E-04	7.70E-05	2.80E-04	
Ni-63	1.83E-03	4.59E-04	2.29E-03	1.13E-03	2.83E-04	1.41E-03	
C-14	1.11E-05	2.40E-06	1.35E-05	1.10E-05	2.38E-06	1.34E-05	
Pu-239	2.30E-03	1.04E-05	2.31E-03	2.30E-03	1.04E-05	2.31E-03	
H-3	4.53E-06	1.59E-06	6.12E-06	9.04E-08	3.17E-08	1.22E-07	
Eu-152	8.55E-06	6.18E-07	9.17E-06	2.23E-07	1.61E-08	2.39E-07	
Eu-154	3.67E-06	3.01E-07	3.97E-06	1.49E-08	1.22E-09	1.61E-08	
Np-237	9.60E-03	4.58E-05	9.65E-03	9.60E-03	4.58E-05	9.65E-03	
Am-241	1.71E-03	7.75E-06	1.72E-03	1.53E-03	6.93E-06	1.54E-03	
U-234	7.95E-02	8.98E-04	8.04E-02	7.95E-02	8.98E-04	8.04E-02	
U-235*	2.45E-03	2.94E-05	2.48E-03	2.45E-03	2.94E-05	2.48E-03	
U-238*	6.90E-03	8.44E-05	6.98E-03	6.90E-03	8.44E-05	6.98E-03	
合计	1.05E-01	1.97E-03	1.07E-01	1.04E-01	1.44E-03	1.05E-01	

表 6.35 填埋场关闭后 30 年办公人员所受总剂量

核素	外照射	吸入内照 射	食入内 照射	总剂量	比例
Cs-137	5.07E-02	2.72E-05	1.97E-05	5.07E-02	22.9%
Co-60	4.11E-03	2.86E-07	6.81E-08	4.11E-03	1.9%
Sr-90	2.75E-03	1.08E-03	4.08E-04	4.24E-03	1.9%
Ni-63	0.00E+00	1.83E-03	4.59E-04	2.29E-03	1.0%
C-14	0.00E+00	1.11E-05	2.40E-06	1.35E-05	0.0%
Pu-239	9.51E-08	2.30E-03	1.04E-05	2.31E-03	1.0%
H-3	0.00E+00	4.53E-06	1.59E-06	6.12E-06	0.0%
Eu-152	3.37E-02	8.55E-06	6.18E-07	3.37E-02	15.2%
Eu-154	1.25E-02	3.67E-06	3.01E-07	1.25E-02	5.7%
Np-237	4.25E-03	9.60E-03	4.58E-05	1.39E-02	6.3%
Am-241	1.33E-05	1.71E-03	7.75E-06	1.73E-03	0.8%
U-234	5.71E-05	7.95E-02	8.98E-04	8.05E-02	36.4%
U-235	3.71E-03	2.45E-03	2.94E-05	6.19E-03	2.8%
U-238	1.98E-03	6.90E-03	8.44E-05	8.96E-03	4.1%
合计	1.14E-01	1.05E-01	1.97E-03	2.21E-01	100.0%
比例	51.4%	47.7%	0.9%	100.00%	

表 6.36 填埋场关闭后 100 年办公人员所受总剂量

核素	外照射	吸入内照 射	食入内 照射	总剂量	比例
Cs-137	1.02E-02	5.46E-06	3.95E-06	1.02E-02	8.1%
Co-60	4.14E-07	2.88E-11	6.86E-12	4.14E-07	0.0%
Sr-90	5.19E-04	2.03E-04	7.70E-05	7.99E-04	0.6%
Ni-63	0.00E+00	1.13E-03	2.83E-04	1.41E-03	1.1%
C-14	0.00E+00	1.10E-05	2.38E-06	1.34E-05	0.0%
Pu-239	9.50E-08	2.30E-03	1.04E-05	2.31E-03	1.8%
H-3	0.00E+00	9.04E-08	3.17E-08	1.22E-07	0.0%
Eu-152	8.75E-04	2.23E-07	1.61E-08	8.75E-04	0.7%
Eu-154	5.07E-05	1.49E-08	1.22E-09	5.07E-05	0.0%
Np-237	4.25E-03	9.60E-03	4.58E-05	1.39E-02	11.0%
Am-241	1.19E-05	1.53E-03	6.93E-06	1.55E-03	1.2%
U-234	5.71E-05	7.95E-02	8.98E-04	8.05E-02	63.5%
U-235	3.71E-03	2.45E-03	2.94E-05	6.19E-03	4.9%
U-238	1.98E-03	6.90E-03	8.44E-05	8.96E-03	7.1%
合计	2.17E-02	1.04E-01	1.44E-03	1.27E-01	100.0%
比例	17.1%	81.8%	1.1%	100.00%	

6.4 小结

工程施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境影响基本上都是短期的、局部的,且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施,加强施工现场管理,可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后,及时清理场地,其影响可以在短期消失。

工程运行阶段,工作人员最大个人剂量为 0.16mSv/a,为填埋单元内填充砂石工作人员。满足工作人员正常工况下剂量约束值 1mSv/a,工作人员的集体剂量为 1.48mSv ·人/a;正常运行期间,废物压缩工段产生的放射性气溶胶对公众造成的剂量为 3.05E-09 Sv/a,远小于正常工况下的剂量约束值 0.05mSv/a。事故考虑货包跌落后洒落在地面,工作人员处理事故过程中所受剂量为 5.98×10⁻²mSv,小于事故剂量控制值 1mSv。

填埋场关闭后,正常工况公众饮水途径所致最大个人剂量为 2.23×10^{-5} Sv/a,小于剂量约束值 0.05 mSv/a,关键核素为 Po-210,出现在填埋场关闭后的 2.03 E6 年。

事故景象考虑工业应用场景,考虑的景象有填埋场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、建造办公用房以及在填埋场上方办公等景象。处置场边界打井景象最大个人年有效剂量为 2.30×10⁻⁵Sv/a,小于事故下的剂量控制值 1mSv/a,出现在填埋场关闭后的 1.82E6 年,关键核素为 ²¹⁰Po,关键途径为饮水造成的内照射;钻孔景象发生在填埋场关闭后 30a 时,事故所致个人有效剂量为 5.30×10⁻⁵Sv,关键核素为 ²³⁴U,关键途径为吸入内照射,小于事故剂量控制值 1mSv/次;钻探后岩芯撒落事故所致个人剂量为 5.62×10⁻⁵Sv/a,小于事故剂量控制值 1mSv/a,关键核素为 ²³⁴U,关键途径为外照射途径;建造办公用房景象所致个人剂量为 0.672mSv/a,小于事故剂量控制值 1mSv/a,关键核素为 ²³⁴U,关键途径为外照射途径;在填埋单元办公景象所致公众个人剂量为 0.221mSv/a,小于事故剂量控制值 1mSv/a,关键核素为 ²³⁴U,关键途径为外照射途径。

第七章 环境监测和流出物监测

7.1 环境及流出物监测的目的

开展环境监测的目的包括:

- (1) 监测本填埋场向环境释放的放射性物质总量,以便与管理限值或运行限值进行比较;
 - (2) 提供数据和资料以用于估算公众所受的剂量;
- (3) 提供数据和资料以用于判断填埋场的运行及放射性废物处置工作是否正常有效;
 - (4) 使公众确信填埋场的放射性释放确实受到严格的控制;
 - (5) 迅速发现和鉴定意外释放的放射性核素种类及其规模。

7.2 运行前的环境本底监测

在填埋场运行前,委托有资质单位对场址周围环境本底进行监测,包括场址四周γ辐射剂量率测量、土壤、生物样和气溶胶中核素浓度。运行前本底监测计划见表 7.1。

表 7.1 运行前环境监测计划

介 质	监测点位	监测项目
γ剂量率	填埋填埋单元区域四周各布设 一个点位,生地湾农场1个点	γ辐射空气吸收剂量率
土壤	场区边界外东、南、西、北四侧 各布设一个点位;生地湾农场	总 α, 总 β, 核素分析(Cs-137、 Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、 U 和 H-3 等)
生物	生地湾农场	总 α, 总 β, 核素分析(Cs-137、 Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、 U 和 H-3 等)
气溶胶	场区上风向1个对照点,下风向 1个监测点	总 α, 总 β, 核素分析(Cs-137、 Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、 U 和 H-3 等)
地下水	生地湾农场和西坝乡	总 α, 总 β, 核素分析(Cs-137、 Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239、 U和 H-3等)

7.3 施工期间的环境监测

施工期间,委托有资质单位对填埋场周围环境开展非放监测。监测计划如下表 7.2。

监测点位 监测内容 监测频次 介 质 填埋填埋单元区域四周各布设 空气 **TSP** 1次/季度 一个点位,生地湾农场1个点 填埋填埋单元区域四周各布设 噪声 等效连续 A 声级 1 次/季度 一个点位,生地湾农场1个点 固体废 固体废物的产生量及处理方式 1 次/月 物

表 7.2 施工期间环境监测计划

7.4 运行期间的环境监测和流出物监测

(1) 流出物监测

本工程正常工况下无放射性气体流出,不需对气体进行监测。只有填埋场关闭后可能存在有渗析液。将渗析液通过管道收集在渗析液收集罐中,废液排放前对罐中的渗析液进行监测,若渗析液中放射性指标满足 GB8978-1996《污水综合排放标准》:总 α≤1Bq/L,总 β≤10 Bq/L 时,排入园区下水管网,若不满足要求,收集后送有资质单位处理。本工程渗析水监测将委托有资质单位进行。

(2) 环境监测

填埋场在运行期间对场区和周围环境放射性实行全程监测,本填埋场运行期间的环境监测布点基本与本底监测布点重合,同时,在填埋场边界处地下水上游打1口监测井,厂区(物流站附近)打1口监测井、地下水下游设置2口监测井,进行总α,总β和核素分析。本工程运行期间的环境监测计划见表7.3。本工程运行期间的环境 γ 剂量率由业主监测,其他项目委托有资质单位进行监测。

表 7.3 运行期间流出物和环境监测计划

J) 质	监测点位 监测项目		监测频次
	γ剂量率	填埋填埋单元区域四 周各布设一个点位, 生地湾农场1个点	γ辐射空气吸收剂量率	1 次/季
	土壤	场区边界外东、南、 西、北四侧各布设一 个点位;生地湾农场	总α,总β,核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、 Ni-63、C-14、Pu-239、U和 H-3等)	1 次/半年
	生物	生地湾农场	总α,总β,核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、 Ni-63、C-14、Pu-239、U和 H-3等)	1 次/年
气溶胶 地下水	场区上风向1个对照 点,下风向1个监测 点	总α,总β,核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、 Ni-63、C-14、Pu-239、U和 H-3等)	1 次/季	
	地下水	生地湾农场、西坝乡、 埋场边界处地下水上 游1个监测井,厂区 (物流站附近)、地 下水下游不同距离 (30m)2口监测井	总α,总β,核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、 Ni-63、C-14、Pu-239、U和 H-3等)	1 次/半年
流出物	渗滤液 及超压 过程产 生的废 水 参滤液收集罐和差压 废水收集罐		总α,总β	排放前

7.5 关闭后的环境监测

填埋场关闭后的监测分为初期监测(5年)和长期监测(30年)。

初期监测的目的是评价废物体的稳定性、处置设施的可靠性和关闭措施的有效性,监测的重点是填埋单元的渗滤液、排水、场区地下水及覆盖层监测。长期监测的目的是确定填埋场的长期影响,证实放射性废物处置对环境的影响是否符合国家规定。

关闭后的初期环境监测可继续沿用运行阶段的监测点,监测内容,监测频次(见表 7.3)。通过一段时间监测,等监测结果稳定后,后期可适当调整监测频次和监测项目。

7.6 质量保证计划

7.6.1 质量保证和质量控制

在监测过程中,为保证监测结果准确可信,严格执行 GB 8999-1988《电离辐射监测质量保证一般规定》和 GB 11216-1989《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》,对监测分析的全过程进行严格的质量控制。

- (1) 从事环境监测的人员应掌握辐射防护基本知识,正确熟练掌握辐射环境监测中的操作技术和质量控制程序,掌握数理统计方法。
- (2) 从采集点布设到样品分析前的全过程严格执行质量控制措施。采样容器、设备符合技术规范要求,保证采样器和样品容器的清洁,并防止交叉污染,采集的样品有代表性,并留有足够的余量以备复查。样品的包装、运输、贮存及必要的前处理严格按照操作规范进行,并及时记录、贴上标签。准确测定样品的质量、体积或取样的累计流量。
- (3) 分析检测方法尽可能使用国标方法,没有国标方法的项目使用行业方法,并通过比对验证。无论使用何种方法,一律进行空白和加标回收试验,分析结果扣除本底并进行回收校正。
 - (4) 对所使用的测量仪器仪表按国家规定定期检定。
- (5) 所有监测装置符合技术规范要求,具有较好的稳定性,并通过试验绘制出本底、效率控制图,将每次测量置于受控状态。所使用的标准源(包括标准溶液)均为国家级标准,并且几何状态与待测样品一致。
- (6) 样品从采集、预处理、分析测量到结果分析,按 HJ/T 61-2001 《辐射环境监测技术规范》规定的格式和内容准确记录。认真检查原 始记录,发现有计算或记录错误的数据经反复核算后予以订正。数据 由专人复审,并长期保存。数据的报出严格执行三级审核要求。

7.6.2 监测计划的管理和变更

- (1) 监测计划由填埋场环境监测部门负责人制定并报主管领导批准实施:。
 - (2) 每年对监测计划的执行情况进行总结。

7.6.3 监测记录和文件管理

- (1) 根据运行大纲的要求制订统一格式的记录表格。不得用铅笔和圆珠笔记录,书写要工整,不得随意涂改。
- (2) 对记录的原始数据进行适当的数据处理,包括统计分析和单位换算,使之满足报告书的要求。
- (3) 监测结果记录以下内容:填埋场名称、测量点和采样点,采样时间、采样延续时间、采样体积、分析方法、测量仪器、测量时间、测量结果(包括误差)。
- (4) 分析操作人员、审核人员和每一监测项目的负责人都应在监测结果上签字。
- (5) 监测结果的原始记录应在填埋场的监测部门存档。监测结果报告书的原件在填埋场运行单位存档。监测结果的原始记录和报告书至少要保存到该填埋场退役后十年。要永久保存的文件种类由主管部门会同监管部门核定。

第八章 填埋场建造和运行的效益分析

8.1 利益分析

8.1.1 处置能力

根据初步设计报告,本填埋场项目处置规模 1.5×10⁵ m³, 年处置 极低放废物量为 5×10³ m³, 计划运行期为 30 年。本填埋场项目接收 并处置来自于全国范围内的核电、核能研发、核技术利用等单位生产、科研活动产生的极低放废物。

8.1.2 安全效果

根据 3.1 节中对处置源项的分析,本填埋场项目中可能对环境产生影响的放射性核素有 Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Pu-239和 H-3等。本填埋场项目投入运行后,包含上述核素的极低水平放射性废物包将被安放在填埋单元内,按照 3.4 节中的工艺进行填埋处置后,可带来下述的安全效果。

8.1.2.1 减少极低放废物暂存厂区的工作人员受照剂量

极低放废物包表面可能存在少量放射性污染情况,这些表面污染可能通过各种途径释放到厂房空气中,进而会对厂房内的工作人员造成外照射和吸入内照射影响。及时对极低水平放射性废物包进行安全处置,可减少工作人员的受照剂量。

8.1.2.2 增加极低放废物暂存厂区的环境安全度

极低放废物包存放在暂存厂房的时间越长,其表面污染释放到厂 房空气及厂区环境中的放射性总量就越大,及时对极低放废物包进行 安全处置,可进一步增加极低放废物暂存厂区的环境安全度。

8.1.2.3 降低事故发生概率

由于极低放废物包在暂存厂房中实行叠放, 其存放时间过长, 发

生意外事故、尤其是跌落事故的可能性会不断增加,一旦发生事故,可能会导致废物包破损、放射性外漏,给工作人员和环境均造成不良后果。及时对极低放废物包进行安全处置,可在一定程度上降低事故发生概率,保证极低放废物暂存厂区的人员及环境安全。

8.1.3 经济利益

8.1.3.1 直接经济利益

出于填埋场正常运行的需要,营运单位将根据本填埋场项目的建造投资、运行及监护等成本提出相应的收费标准。任何废物产生单位在向本填埋场运送废物之前都必须向填埋场营运单位提出处置废物申请,在获批准时,都要缴纳相应的处置费用。这样,在一定年限内将收回首期工程投资,在收回工程投资之后,将获得少量的利润用于交税、维修、更新设备和监护等。

8.1.3.2 缴纳税金

若填埋场满负荷运行,每年处置 5×10³ m³ 废物,即装满一个填埋单元,经济分析表明,按照我国现行的税收制度,本填埋场每年将向国家缴纳一定的增值税、城市维护建设税、教育附加税及所得税等。

8.1.3.3 间接利益

本填埋场项目投入运行后,可处置来自于全国范围内的核电、其他民用核设施、核能研发、核技术利用等单位生产、科研活动产生的极低放废物,这样将会降低废物在其产生单位的暂存时间,从而减少了暂存厂房的基建规模,相应的基建投资和运行投资均会减少。

8.1.4 社会和环境利益

8.1.4.1 消除极低放废物的暂存隐患

本填埋场投入运营后,来自于全国范围内的核电、其他民用核设施、核能研发、核技术利用等单位生产、科研活动产生的极低放废物

将得到安全处置,消除了各单位极低放废物暂存带来的隐患。

8.1.4.2 增加就业机会

本填埋场不仅可以解决一定数量的固定人员就业,还可招收一定数量的临时工作人员。在填埋场关闭后的监护期间,仍需少量工作人员。同时,为填埋场提供材料、设备、仪器等行业部门也可从中得到一定的收益,增加就业机会。

8.1.4.3 改善环境状况

由于填埋场的建造,需对道路进行拓宽或改造,改善了交通条件。 道路边及填埋场区内部都要进行绿化,对环境的改善起到了推动作 用。

8.2 代价分析

8.2.1 经济代价

建设项目总投资为 14502.84 万元。其中:建筑工程费:7000.72 万元,占建设项目总投资 48.3%;工艺设备购置费:3083.434 万元,占建设项目总投资 21.26%;工艺设备安装费:308.3434 万元,占建设项目总投资 2.13%;工程建设其他费用:1575.65 万元,占建设项目总投资 10.9%;基本预备费:1100.00 万元,占建设项目总投资 7.6%。建设期利息:1141.59 万元,占建设项目总投资 7.9%。

项目建成后,还需要投入运行费,包括废物处置过程所消耗的燃料、动力和辅助材料,职工工资及福利,废物运输费用等,以及关闭监护费用,年均总成本为11922.79万元。

8.2.2 社会代价

本填埋场项目建设过程中,不仅要解决施工人员的饮食、居住、 交通等实际问题,还可能对场址周边居民的日常生活产生一定的影响,这会给当地带来一定的社会问题。本填埋场项目将严格执行相关 标准的规定,并采取有效的防尘降噪措施,尽可能减少对周围居民点 的影响。

本填埋场项目的运输包括施工期间设备、建筑材料的运输,运行期间极低水平放射性废物包的运输等,将对当地的交通运输造成一定的运输负担。

本填埋场项目建设期间将导致场址周围区域流动人口数量增加,一定程度上将增加当地政府在治安、社会服务等方面的投入和管理负担,这需要业主、承包商以及当地政府共同努力,适当增加相应的设施和投入,以消除不利影响,共创和谐社会。

8.2.3 辐射照射代价

8.2.4 环境代价

本填埋场项目场址 10 km 范围内主要为戈壁荒漠,场址周围为风蚀残丘和中部戈壁砾石地,植被稀少,分布有少量干旱荒漠植被。本填埋场项目建设将造成场址区域生态环境的变化,主要表现为将在征地范围内占用部分土地,剥离表土和植被,这将影响当地植物的生存环境,造成水土流失。通过工程中有计划的绿化和植被恢复,将对受到影响的生态环境进行有效的修复。

本填埋场项目运行期间,工作人员需开展废物包接收、检测、吊装安放、封顶、现场管理等活动,不可避免将受到辐射照射,在填埋场关闭后,可能发生人为侵扰或闯入事故,对闯入人员造成照射。为了控制并确保工程在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准,从而保证工作人员和周围居民的安全,本工程设置了环境监测措施及屏蔽防护措施。

8.3 效益分析

8.3.1 效费比

本填埋场项目总投资为 14502.84 万元,容积为 1.5×10^5 m³,则成本为 4800 元/m³,收费标准为 10000 元/m³,效费比为 0.48。

8.3.2 社会效益

本填埋场项目的建成,使得约 1.5×10⁵ m³ 的极低放废物得到安全处置,消除了极低放废物的暂存隐患,降低了辐射危害,对环境的影响在可接受的范围内。同时,因填埋场的建设改善了道路等公共设施,增加了就业机会,具有一定的社会效益。

8.3.3 环境效益

本项目采用填埋单元对极低放废物进行安全的填埋处置,减少了上述废物对环境的影响,改善了环境。

本项目建设的主要目的就是为了解决国内积存的大量极低放固体废物,属于环保投资项目,设施的建成,将解决极低放废物治理问题,减少其对环境构成的风险,也有利于核能、核技术产业的健康发展。

由此可见,本项目的建设实现了环境效益、经济效益与社会效益的最佳结合。

第九章 结 论

9.1 项目概况

本填埋场项目位于甘肃省酒泉核技术产业园区内的低污低放规 划区,接收并处置来自于全国范围内的核电、其他民用核设施、核能 研发、核技术利用等单位生产、科研活动产生的极低放废物。

极低放废物的处置规模 1.5×10^5 m³, 年处置极低放废物 5×10^3 m³, 计划运行期为 30 年。

9.2 环境质量现状

核燃料循环和废物减容项目两次数据调查结果来看,本工程周围辐射水平与上世纪 90 年代全国辐射水平调查中酒泉地区的辐射水平基本相当。从 2017 年金塔县环境监测数据可知,金塔县环境空气中 SO₂、NO₂、PM10 日均浓度满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级浓度要求。

9.3 废物的产生及处理

9.3.1 施工期废物产生及处理

施工建设过程中产生的污染物主要有扬尘、施工废水、固体废物和噪声。

(1) 废气

项目施工废气主要来源于基础工程中土石方开挖产生的粉尘,土石方、建筑垃圾及建筑材料运输产生的二次扬尘,施工现场材料堆放产生的扬尘。

项目施工机械和运输车辆产生的尾气。施工机械主要包括挖掘机、装载机、推土机、压路机、起重机等,以柴油为燃料,会产生一定量废气,包括 NOx、HC等,但产生量不大,影响范围有限。

(2) 废水

施工期的废水主要来自施工人员产生的生活污水和施工废水。

施工作业期间产生的施工废水主要来源于工程养护、建材保湿产生的废水、施工作业泥浆水以及施工车辆、施工场地的冲洗废水,主要污染物为泥沙、SS 以及少量的石油类。施工废水用于场地喷洒降尘。

施工人员生活污水产生量以 $0.06~\text{m}^3/\text{d}$.人计,施工人员 100~人,则生活污水的产生量约为 $6.0\text{m}^3/\text{d}$,主要污染因子为 $COD\SS\NH_3-N$ 。在施工现场设置临时旱厕,定期清运。

(3) 固体废物

工程施工期产生的固体废弃物主要包括土石方、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

填埋场土石方挖方量为 37.9 万立方米,填方了为 22.5 万立方米,剩余的 15.4 万立方米土石方堆放在厂区南面的土石方暂存区,在填埋场覆盖时再利用,不能利用的送建筑立即填埋场处理。

建筑垃圾主要为工程建设中产生的包装材料、工程渣土等固体废物,建筑垃圾产生量约 200t。对建筑垃圾、工程渣土进行回用,不能利用的妥善堆放、覆盖,工程结束后,及时清理。

施工人员的生活垃圾按人均产生量估算,按每人每日 0.5 kg 计,施工人员 100 人,则生活垃圾产生量约为 0.05 t/d, 生活垃圾收集后送垃圾场填埋处理。

(4) 噪声

项目施工期噪声包括施工设备噪声、施工作业噪声和车辆噪声,其中影响最大的为施工设备噪声。施工期噪声有以下特征:施工期间使用的机械设备较多、噪声源强高,且施工机械位置具有不确定性。

9.3.2 运行期主要污染物的产生及处理

(1) 废水

正常运行情况下,填埋场废水来源包括填埋单元的渗析水、超压过程中收集的废水和工作人员的生活废水。

填埋单元下方可能收集到渗出水。在没有填埋废物前收集的是雨水,可直接排入排水沟。废物填埋过程都是在移动仓房内作业,只有

在填埋单元覆盖层出现严重质量问题(如裂缝),才可能收集到接触了废物的渗出水,填埋单元产生的渗析水将统一收集暂存,定期对收集罐中的渗滤液进行监测,经监测,符合排放标准(总 α≤1Bq/L,总β≤10Bq/L)的排入园区的下水管网,否则将渗析水送有资质单位进行处理。按照目前的运行经验和设计,正常运行期间渗析水基本不产生。

超压过程中产生的放射性废水统一收集至废液暂存箱,然后运输至有资质单位进行处理。

本工程行政办公、生活服务设施以及厂区辅助设施均利用废物减容处理项目已有的建筑、设备和设施。本工程运行期间工作人员生活污水均经由废物减容处理项目已建生活废水处理设施统一处理。

(2) 废气

极低放废物用包装袋包装,正常填埋工况下不会有放射性物质泄漏到环境空气中。

在废物进行超级压缩过程中,会有少量的带有放射性的粉尘进入空气中,产生的废气经超压机自带的废气收集处理系统收集过滤后通过厂房烟囱高出屋顶7m排放(厂房高度为10m,烟囱高度为17m)。

(3) 固体废物

本项目产生的放射性固体废物主要有工作服、抹布、劳保用品以 及更换的废过滤器芯等,属于极低放废物,收集后在本填埋场统一填 埋处理。运行过程中工作人员产生的少量生活垃圾,收集后统一送园 区环卫部分处理。

9.4 环境影响

工程施工建设过程中产生扬尘、施工废水、固体废物和噪声等环境影响基本上都是短期的、局部的,且与人的环境意识、管理水平关系密切。通过采取有效的污染防治措施,加强施工现场管理,可以使施工过程对环境的影响降低到最小程度。施工结束后,及时清理场地,其影响可以在短期消失。

工程运行阶段,工作人员最大个人剂量为 0.16mSv/a,为填埋单元内填充砂石工作人员,满足工作人员正常工况下剂量约束值

1mSv/a,工作人员的集体剂量为 1.48mSv ·人/a; 正常运行期间,废物压缩工段产生的放射性气溶胶对公众造成的剂量为 3.05E-09 Sv/a,远小于正常工况下的公众剂量约束值 0.05mSv/a。事故考虑货包跌落后洒落在地面,工作人员处理事故过程中所受剂量为 5.98×10⁻²mSv,小于事故剂量控制值 1mSv。

填埋场关闭后,正常工况公众饮水途径所致最大个人剂量为2.23×10⁻⁵Sv/a,小于剂量约束值0.05mSv/a,关键核素为Po-210,出现在填埋场关闭后的2.03E6年。事故景象考虑工业应用场景,考虑的景象有填埋场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、建造办公用房以及在填埋场上方办公等景象。处置场边界打井景象最大个人年有效剂量为2.30×10⁻⁵Sv/a,小于事故下的剂量控制值1mSv/a,出现在填埋场关闭后的1.82E6年,关键核素为²¹⁰Po,关键途径为饮水造成的内照射;钻孔景象发生在填埋场关闭后30a时,事故所致个人有效剂量为5.30×10⁻⁵Sv,关键核素为²³⁴U,关键途径为吸入内照射,小于事故剂量控制值1mSv/a,关键核素为²³⁴U,关键途径为外照射途径;建造办公用房景象所致个人剂量为0.672mSv/a,小于事故剂量控制值1mSv/a,关键核素为²³⁴U,关键途径为外照射途径;在填埋单元办公景象所致公众个人剂量为0.221mSv/a,小于事故剂量控制值1mSv/a,关键核素为²³⁴U,关键途径为外照射途径。

9.5 公众参与

2019年7月,东方新环开展了本项目的公众参与工作。公众参与的对象主要为金塔县政府相关部门及生地湾农场居民。项目公众参与采取信息公示及问卷调查的形式开展,征求厂址周边人员对项目建设的意见和建议。从公众参与调查表的统计结果可以看出,被调查者中大多数公众对项目的建设表示支持,并希望在工程运行时,严格执行所制定的环保措施,降低工程排放的污染物对周边环境的影响。

9.6 承诺

- (1) 申请许可证前对场区进行辐射环境本底监测;
- (2) 申请许可证前进行场区地下水水文地质详勘。

综上所述,项目运行对周围环境造成的影响很小,在建设过程中 认真落实辐射安全管理措施和环保措施等各项措施的前提下,从环境 保护角度分析,项目的建设是可行的。

附录 | 大气弥散和气载途径剂量估算模式

1 正常工况下的大气弥散稀释模式

大气弥散模式采用筛选模式,并且考虑了大气的稀释作用,不考虑烟羽的抬升。根据排放源高度、邻近最高建筑物高度和接收点离排放点的距离决定采用不同形式的计算公式。

1)若排放源高度大于 2.5 倍邻近最高建筑物高度,(即 $H > 2.5H_b$),则:

$$\frac{C_{ai}}{Q_i} = \frac{P_p F}{u_a} \tag{1}$$

这里: Cai/Qi—大气弥散因子, s/m³;

H—排放源高度, m;

H_b—邻近最高建筑物的高度, m, 取 12.1m;

 P_p —一年中风吹向接收点所在扇形方位 p 的时间份额,无量纲。 P_p 的推荐值为 0.25。

Q—放射性核素 i 的年均排放率,Bq/s;

 u_a —在释放高度上年平均风速,m/s。

F—在下风距离 x 处的释放高度 H 的高斯扩散因子, $1/m^2$;

$$F = \frac{16}{\sqrt{2\pi^3}} \frac{\exp\{-(H^2/2\sigma_z^2)\}}{x\sigma_z}$$
 (2)

其中: x—源到计算点的距离, m;

 σ_z — 垂直扩散参数, m, 按下式计算:

 $\stackrel{\text{def}}{=} H \le 45 \text{ m}, \quad \sigma_z = 0.06 \text{ x} / \sqrt{1 + 0.0015 x} ;$

2) 若释放高度 $H \le 2.5H_b$,且 $x > 2.5\sqrt{A_b}$ (A_b 为邻近最高建筑物的截面积),则:

$$\frac{C_{ai}}{Q_i} = \frac{P_p B}{u_a} \tag{3}$$

其中: B—在下风距离 x 处的高斯扩散因子, $1/m^2$;

$$B = \frac{16}{\sqrt{2\pi^3}} \frac{1}{x\Sigma_z} \tag{4}$$

这里:
$$\Sigma_z = [\sigma_z^2 + \frac{A_b}{\pi}]^{0.5}$$
, σ_z 同上。

3)当 $H \le 2.5H_b$,且 $x \le 2.5\sqrt{A_b}$,而接收点又不在释放点所在的建筑物表面,则:

$$\frac{C_{ai}}{Q_i} = \frac{P_p}{\pi u_a H_b K} \tag{5}$$

其中: K—经验常数, 取 K=1 m。

2 地面沉积

在稀释模式中,地面沉积采用干湿沉积速度和地面空气浓度乘积 计算,即

$$Ggi= (Vd+Vw) Cai$$
 (6)

其中: G_{gi} —核素 i 在地面上的年均沉积率, $Bq/m^2.s$;

 V_t —总沉积速度, $V_t = V_d + V_w = 1000 \text{ m/d} = 0.0116 \text{ m/s}$;

 V_d —干沉积速度,m/s;

 V_{w} —湿沉积速度,m/s。

3 辐射剂量

辐射剂量计算采用基本剂量模式,不分年龄组,只计算成人所受到的有效剂量。考虑的照射途径包括:空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入内照射和食入内照射。

3.1 空气浸没外照射

空气浸没外照射采用半无限烟云模式计算,同时保守地假设受照 个人无屏蔽而且全部时间停留在野外。

$$H_{\gamma,i} = g_{\gamma,i}(\chi/Q)_i Q_i \tag{7}$$

其中: $H_{\gamma,i}$ —核素 i 的空气浸没外照射有效剂量,Sv/a $g_{\gamma,i}$ —空气浸没外照射有效剂量转换因子,(Sv/a) / (Bq/m^3) 。 (γ/O) —核素 i 的大气弥散因子, s/m^3 ;

 Q_i —放射性核素 i 的年均释放率,Bq/s。

3.2 地面沉积外照射

地面沉积的放射性物质产生的外照射有效剂量模式采用常规计算模式,同时不考虑屏蔽和居留时间份额,按下式计算:

$$H_{b\cdot i} = 3600 \cdot G_{g\cdot i} \cdot K_{b\cdot r} \cdot g_{b\cdot i} \cdot b \tag{8}$$

$$G_{g,i} = (W_D + W_W)Q_i \tag{9}$$

$$K_{b,r} = [1 - \exp(-(\lambda_i + \lambda_m) \cdot t_b)]/(\lambda_i + \lambda_m)$$
(10)

式中: $H_{b.i}$ —沉积在地面上的放射性核素 i 产生的外照射有效剂量,Sv/a;

 G_{si} —放射性核素 i 在地面上的全年平均沉积率, $Bq/m^2.s$;

 Q_i —核素 i 的年均释放率,Bq/s;

 g_{bi} —放射性核素 i 的地面辐射产生的外照射有效剂量转换因子, $(Sv/a)/(Bq/m^2)$ 。

b—考虑地面粗糙度和渗透到深层土壤的校正因子。取 b=1;

 λ —核素 i 的衰变常数,1/h;

 λ_m —核素在陆地环境中的去除常数,1/h。 λ_m 的取值见附表 4; t_b —核素在地面上的沉积时间,h。

附表 4 放射性核素在陆地环境中的去除常数[3]

元素	$\lambda_m(1/\mathrm{h})$
阴离子(如 TcO ₄ 、Cl、l)	5.8×10 ⁻⁵
Sr 和 Cs	5.8×10 ⁻⁶
其余元素(包括非阴离子形态的 Tc 和 I)	0

3.3 吸入放射性物质产生的内照射

吸入放射性核素 i 产生的内照射有效剂量与计算点处地面空气中放射性浓度成正比:

$$H_{hi} = 8760 \cdot C_i \cdot V \cdot g_{hi} \tag{11}$$

式中: $H_{h.i}$ —核素 i 产生的吸入内照射有效剂量,Sv/a;

 C_i —核素 i 在空气中的浓度,Bq/m³;

V—公众个人正常情况下的呼吸率, \mathbf{m}^3/\mathbf{h} 。取成人的呼吸率为 $V=0.96~\mathbf{m}^3/\mathbf{h}$;

 g_h —吸入放射性核素 i 产生的内照射有效剂量转换因子,Sv/Bq。

3.4 食入放射性物质的内照射

计算食入放射性物质的内照射,首先需要根据空气中放射性核素浓度或地面沉积浓度计算食品中放射性核素的比放,最后根据人的饮食习惯计算得到。

1) 植物食品或饲料中放射性浓度

陆生植物中的放射性污染浓度分别由直接沉积于植物表面和沉积于土壤中通过根部吸收而造成,其计算式为:

$$C_{n:i} = (B_{n:Pl,i} + B_{n:Soi}) (12)$$

$$B_{n \cdot Pl \cdot i} = 3600 \cdot (W_{Di} + W_{Wi} \cdot f_w) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_{Pl \cdot eff \cdot i} \cdot t_{n.e})}{Y_n \cdot \lambda_{Pl \cdot eff \cdot i}} \cdot Q_i$$

$$\tag{13}$$

$$B_{n \cdot Soi} = 3600 \cdot (W_{Di} + W_{Wi}) \cdot T_{n \cdot i} \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_{Soeff \cdot i} \cdot t_b)}{P_m \cdot \lambda_{Soeff \cdot i}} \cdot Q_i$$
 (14)

式中: C_{n-i} —n 种陆生植物内放射性核素 i 的浓度,Bq/kg;

 $B_{n \cdot Pl.i}$ —n 种陆生植物内由放射性直接沉积于其表面产生的放射性核素 i 的污染浓度,Bq/kg;

 $B_{n\text{-}So.i}$ —n 种陆生植物内由放射性沉积于土壤中通过根部吸收产生的放射性核素 i 的污染浓度,Bq/kg;

Qi-放射性流出物的年平均释放率, Bq/s;

 f_w —由湿沉积而造成的滞留在植物地面以上部分的放射性份额, 无量纲。保守地取 f_w =1;

 $T_{n\cdot i}$ —n 种陆生植物从根部吸收地面放射性的转移因子,(Bq/kg) / (Bq/kg 干土)。

 $\lambda_{Pl\text{-eff}}$ 一放射性核素 i 滞留在植物上和植物中的有效衰变常数, 1/h, $\lambda_{Pl\text{-eff}} = \lambda_i + \lambda_v$;

 $\lambda_{\text{So-eff-i}}$ 一放射性核素 i 滞留在土壤中的有效衰变常数,1/h, $\lambda_{\text{So-eff-i}}$ = $\lambda_{\text{i}}+\lambda_{\text{m}}$;

 λ_v —放射性核素在植物中的去除常数,1/h。取 λ_v = $2.06 \times 10^{-3}/h$; λ_m —放射性核素在陆地环境中的去除常数,1/h;

 $t_{n.e}$ —n 种陆生植物的生长期, h。取叶类蔬菜的生长期 $t_{V.e} = 1080$ h, 作物的生长期 $t_{C.e} = 2880$ h, 牧草的生长期 $t_{P.e} = 720$ h;

 t_h —放射性核素在地面的沉积时间,h。取 $t_h = 30$ 年;

 Y_n —n 种陆生植物单位面积产量, kg/m^2 。取叶类蔬菜可食部分的单位面积产量 $Y_V=1.6~kg/m^2$,作物可食部分的单位面积产量 $Y_C=2.4~kg/m^2$;

 P_m —土壤有效面密度, kg/m^2 。取 $P_m = 225kg/m^2$ (干土);

n—表示叶类蔬菜(V)、粮食作物(C)、牧草(P)、饲料(F)。

 W_{Di} 、 W_{wi} —全年的放射性核素 i 的平均干、湿沉积因子, $1/m^2$, W_d 和 W_w 的计算公式如下:

$$(W_D + W_W) = (V_D + V_W) \times \frac{C_{ai}}{Q_i} = V_t \times \frac{C_{ai}}{Q_i}$$

2) 陆牛动物食品中放射性浓度

$$C_{n,i} = T_{n,i} [f_p \cdot C_{p,i} + (1 - f_p) \cdot C_{F,i} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_s)] E_n$$
 (15)

式中: $C_{n,i}$ 牛奶或肉类食品中放射性核素 i 的浓度,Bq/kg;

 $T_{n.i}$ 一产奶或产肉动物摄入的放射性物质平均转移到奶中或肉中的份额,(Bq/kg)/(Bq/d)。

 f_P 一产肉动物或产奶动物一年中在牧场吃牧草的时间份额,无量纲。取 $f_p = 0.5$;

 $C_{P,i}$ —牧草植物中放射性核素 i 的浓度,Bq/kg,由(12)式计算得:

 $C_{F,i}$ —贮存饲料中放射性核素 i 的浓度,Bq/kg,由(12)式计算得;

 t_s —饲料的贮存时间,h。取 t_s = 2160 h;

 E_n 一产奶动物或产肉动物每天消费的饲料量,kg/d。取产奶动物每天的饲料消费量 $E_M = 16^{[4]} kg(干重)/d$,产肉动物每天的饲料消费量 $E_{Fl} = 12 kg(干重)/d$;

n—表示产奶动物 (M)、产肉动物 (FI)。

3) 食入陆生食品产生的内照射

食入受放射性污染的食品对人体产生内照射,其辐射剂量取决于个人饮食习惯和食品受污染的程度。计算食入有效剂量时,把个人食入的陆生食品分成四组:叶类蔬菜、农作物、肉类食品和奶类食品。肉类食品包括牛肉、羊肉、猪肉、禽肉,为保守起见,以牛肉类核素参数为肉类食品的参考数据;奶类食品主要是牛奶和羊奶,取牛奶的有关核素参数为奶类食品的参考数据。计算保守假定食入的所有食品均来自本子区,且食物被人消费的延迟时间为0。

食入陆生食品产生的内照射有效剂量由下式计算:

$$H_{g:i} = (U_V \cdot C_{V.i} + U_C \cdot C_{C.i} + U_M \cdot C_{M.i} + U_{Fl} \cdot C_{Fl.i}) \cdot g_{g:i}$$
 (16)

式中: H_{gi} —公众个人食入含有放射性核素 i 的食物造成的内照射有效剂量,Sv/a:

 U_V —公众个人的蔬菜(指叶类蔬菜,下同)消费量,kg/a;

 U_{C} —公众个人的农作物消费量,kg/a;

 U_M —公众个人的牛奶消费量,kg/a;

 U_F —公众个人的肉类消费量,kg/a;

 C_{Vi} —本子区内叶类蔬菜中放射性核素 i 的含量,Bq/kg,由(12)式计算:

 $C_{C.i.}$ —本子区作物中放射性核素 i 的含量,Bq/kg,由(12)式计算:

 $C_{M.i}$ —本子区内牛奶中放射性核素 i 的含量,Bq/kg,由(15)式计算:

 $C_{Fl.i}$ —本子区内肉类食品中放射性核素 i 的含量,Bq/kg,由 (15) 式计算;

 g_{gi} —食入放射性核素 i 的有效剂量转换因子,Sv/Bq。

附件一: 政府相关批文

金塔县发展和改革局文件

金发改行服 [2019] 109号

金塔县发展和改革局 关于甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物 治理项目登记备案的通知

甘肃东方新环环境治理有限公司:

报来《甘肃东方新环环境治理有限公司关于极低放废物治理项目申请备案的报告》和《金塔县企业投资项目备案申请表》等相关附件已收悉,根据《企业投资项目核准和备案管理条例》,经审核,项目符合登记备案条件,现予以登记备案。

- 一、**项目名称**: 甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治 理项目
 - 二、建设地点: 甘肃酒泉核技术产业园
- 三、建设内容及规模:总建设规模 30 万立方米,分期建设,单个处置单元可治理极低放废物 1 万立方米,处置单元的长*宽*深为80*25*60(单位:米),共布置 30 个处置单元。
 - 四、总投资及资金来源:项目概算总投资 45000 万元。其中:

固定资产投资 40000 万元, 铺底流动资金 5000 万元。资金来源全部为企业自筹。

五、效益分析:项目建成后可实现销售收入10000万元,利润3000万元,项目将带动当地就业,吸纳就业人员60人。有利于生态环境保护,节约能源,发展循环经济。

六、建设期限: 2019-2020年

接文后,请你单位严格按照企业投资项目管理的有关规定执行,涉及规划、土地、环保、水土保持、取水许可、安全、节能、消防、社会稳定风险评估、开工许可等方面事项,请按有关规定办理相关手续,完成各项前期工作后,争取早日开工建设。项目开工后,请及时通过项目申报平台录入项目开工及建设信息。本备案通知书有效期两年。

项目代码: 2019-620921-77-03-002925

附: 金塔县企业投资项目备案登记表



金塔县发展和改革局

2019年3月28日

金塔县企业投资项目备案登记表

登记备案号: [2019	[2019]12号						单位:	万元 万美元
企业名称	甘肃东方新环	环环境治理有限公司		法人代表	夏琳	联系电话	13801065840	65840
项目名称	极低放废物治理	治理项目		项目负责人	米減	联系电话	13801065840	65840
建设地点	廿肃酒泉核技7	技术产业园				项目建设 起止年限	2019-2020年	020年
				项目建成后	销售收入	利润	税金	创汇
在 十 5 1 1 1 1 1 1	总建设规模30、 单元可治理极1	30万立方米,分期建设,单个处置 极低放废物1万立方米,处置单元	b设,单个处置 米,处置单元	年新增经济效益	10000	3000	009	
沙 II 土安 建 交 N 合	的长*宽*深为; 个处置单元	的长*宽*深为80*25*60(单位: 米),共布置30个处置单元	米), 共布圖30	新征土地面积 (m²)	200000	新增建筑面积(m²)	ī积 (m²)	10000
		固定资产投资	40000	项目用汇		资金来源	长源	
总投资	45000	辅底流动资金	5000		企业自筹	银行贷款	其他	他
		其中设备投资	30000		45000			
备案管理机关意见	1. 请按规定办理 2. 项目信息发生 3. 项目建设单位	理项目土地、规划生变化的,应及时位应接受备案机关	1、环评、稳评等 告知备案机关; 的监管并通过功 共士公司	·办理项目土地、规划、环评、稳评等手续,抓紧落实项目建设资金,尽快开工建设、 发生变化的,应及时告知备案机关; 单位应接受备案机关的监管并通过项目监管平台(甘肃政务服务网http://www.sgszwfw.gov-ch)	建设资金,尽信务服务网加ttp:	b开工建设; //www.gszwiw	· Boveen) 在	在线如实报送
	坝目	、建以虹质、双上	- 50 村 4 二 50。			対	中	

《金塔县发展和改革局关于甘肃东方新环环境治理有限公司极低放 废物治理项目登记备案的通知(金发改行服[2019]109号)》

金塔县金鑫工业区管理委员会文件

金工管字 [2019] 96号

金塔县金鑫工业区管理委员会 关于甘肃东方新环环境治理有限公司极低放 废物治理项目人园的批复

甘肃东方新环环境治理有限公司:

你公司报来《甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目入驻金塔工业集中区甘肃酒泉核技术产业园的入园申请报告》及相关资料收悉,按照县政府回执(金政办回字[2019]第105号)文件精神,现就你公司该项目入园申请事项批复如下:

- 1、原则同意甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治 理项目入驻金塔工业集中区甘肃酒泉核技术产业园。
- 2、原则同意出让甘肃酒泉核技术产业园东方瑞龙环境治理项目东侧空地 100 亩 (66700 平方米),用于规划建设你公司极低放废物治理项目,最终以自然资源局核发办证面积为准。
- 3、你公司要在项目规划设计时,严格按照县自然资源局、 住建局、工业园区管委会三方工作人员现场划定的建设红线,进 行项目规划设计。同时,严格按照项目备案要求的建设内容进行

设计规划。

- 4、你公司应严格按照金塔工业集中区甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划要求的外观风貌、平面布局、立体效果进行项目设计。项目车间和办公用房等建筑应按照产业项目规范设计施工,不得以车间、厂房或办公用房墙体代替围墙,沿路围墙须符合通透式要求,并预留消防安全通道等必要设施。开工建设前须向县工业项目规划审核小组上报立体效果图、平面布局图、工艺流程图,待设计方案效果经县工业项目规划审核小组审定后、前期手续办理齐全时方可施工。
- 5、你公司在项目开工前,应按照国家关于农民工工资保证 金方面的相关规定,向县劳动监察部门缴纳项目建设工程总造价 3%的农民工工资保证金,并做好相关社会稳定风险评估等事宜。
- 6、此批复文件仅作为你公司办理相关前期手续的依据,你公司接到此批复后,尽快与县自然资源局、应急管理局、住建局、水务局、酒泉生态环境局金塔分局等相关部门对接,按程序办理项目开工前的土地规划、环境影响评价、安全评估等相关手续,待前期手续办理完毕,并通过评审批复后,方可办理开工建设手续。

特此批复!

金塔县金鑫工业区管理委员会 2019年4月28日

送: 自然资源局、应急管理局、住建局、酒泉生态环境局金塔分局、 人社局劳动监察室 金塔县金鑫工业区管理委员会 2019年4月28日印

137

金塔县人民政府办公室回执

签发人:

金政办回字 2019 第 105

县工业园区管委会:

你委报来《关于甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目入园的请示》收悉。

经县政府十八届四十七次常务会议研究,决定: (1)原则同意《关于甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目入园的请示》; (2)同意甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目入驻甘肃酒泉核技术产业园; (3)项目选址位于甘肃酒泉核技术产业园东方瑞龙环境治理项目东侧,项目一期用地100亩; (4)你委负责按程序做好相关工作。

此复。



抄送: 县自然资源局

收文文号: 金工管字 [2019] 73号

经办人: 薛娟

《金塔县金鑫工业区管理委员会关于甘肃东方新环环境治理有限公司极低放废物治理项目入园的批复(金工管字[2019]96号)》

附件二:报告书修改说明

《极低放废物治理项目环境影响报告书》专家意见修改说明

2020年4月23日,生态环境部辐射源安全监管司组织召开了国家核安全专家委员会部分委员会议,对甘肃东方新环环境治理有限公司《极低放废物治理项目环境影响报告书》(以下简称"报告书")进行了专家审查。与会专家一致同意报告书通过审查,同时,对报告书提出了一些意见和建议。会后,根据专家意见对报告进行了修改和升版,专家意见及具体修改情况见下表。

专家意见修改说明

序 号	修改要求	修改情况
1	对处置单元的设计 进行优化,减少风 蚀带来的影响	对处置填埋单元进行重新设计,将原坟丘式填埋单元修改为地下式处置填埋单元,填埋单元整体位于地下 11 米处,可以减少风蚀带来的影响。填埋单元的具体设计见报告 3.3 节。
2	补充说明本项目二 次废物的产生及处 理流程和整备车间 的环境影响	在报告 3.5.2 节,补充了本项目的二次废物产生情况及处理方式。同时,在 6.2.3 节,补充了整备车间超压工段气载流出物的环境影响,气载流出物对公众造成的最大个人有效剂量为 3.05E-09 Sv/a,远小于正常工况下的公众剂量约束值 0.05mSv/a。
3	按照地下水监测的 相关规范优化地下 水监测布点设计	参考《环境影响评价技术导则 地下水环境》 (HJ610-2016),对于"一、二级评价,地下水 监测一般不少于3个,至少在建设项目场地,上、 下游各布设一个点"。考虑到本工程为极低放废 物填埋场,本工程设置4个地下水监测井,在厂 区地下水上游设置1个,厂区(物流站附近)设 置1个,厂区地下水下游不同距离(相隔30m) 设置2个地下水监测井。