

密级：非密

版次：A 版

龙和近地表处置场一期一阶段建设项目
环境影响报告书
(申请建造阶段)

中核清原环境技术工程有限责任公司

二〇二〇年十二月

龙和近地表处置场一期一阶段建设项目

环境影响报告书

（申请建造阶段）

建设单位名称：中核清原环境技术工程有限责任公司

建设单位法人代表：吕钢

通讯地址：北京市西城区月坛北街乙 1 号

邮政编码：100037

联系人：吴宏

联系电话：13810028670

龙和近地表处置场一期一阶段建设项目（建设阶段）
编制环境影响报告书人员名单表

建设项目名称	龙和近地表处置场一期一阶段建设项目 (建造阶段)		
建设项目类别	50_187 放射性废物贮存、处理或处置		
环境影响评价文件类型	环境影响报告书		
一、建设单位情况			
建设单位	中核清原环境技术工程有限责任公司		
统一社会信用代码	91110000100017440Y		
法定代表人（签章）	吕钢		
主要负责人（签字）	吕钢		
直接负责的主管人员（签字）	吕钢		
二、编制单位情况			
单位名称（签章）	中国辐射防护研究院		
统一社会信用代码	121000004058003644		
三、编制人员情况			
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	赵杨军
2、主要编制人员			
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	赵杨军
王彦	环境质量现状、安全分析	BH022677	王彦
康晶	概述、场址环境	BH023605	康晶
杨洁	环境监测、环境经济效益分析	BH022673	杨洁

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 项目的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.....	4
1.5.1 国家法律法规和标准	4
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	8
1.6.1 公众剂量管理目标值	8
1.6.2 废物的设计接收限值	8
1.6.3 含放射性核素废水排放控制值	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 项目“三线一单”情况分析	11
1.9 评价范围及环境保护目标	14
第二章 场址环境.....	15
2.1 地理位置	15
2.2 人口分布及饮食习惯	16
2.2.1 各子区现有人口分布及年龄构成	16
2.2.2 人口发展规划	17
2.2.3 居民饮食习惯	18
2.3 社会经济和资源概况	20

2.3.1 社会经济	20
2.3.2 土地利用	20
2.3.3 矿产资源	22
2.3.4 农副业畜牧业	23
2.3.5 交通运输	27
2.3.6 自然保护区和文物保护单位	27
2.3.7 生态环境状态	31
2.4 气象	31
2.4.1 场址常规气象条件	31
2.4.2 极端气象	31
2.5 水文地质	32
2.5.1 区域水文地质特征	34
2.5.2 场址水文地质特征	35
2.5.3 工程水文	44
2.6 地质和地震	48
2.6.1 地形地貌	48
2.6.2 区域地震地质特征	49
2.6.3 工程地质	70
2.7 小结	74
第三章 处置场	75
3.1 处置对象	75
3.1.1 处置范围和规模	75
3.1.2 处置源项	75
3.1.3 废物接收准则	79
3.2 处置场规划和平面布置	80
3.2.1 处置场规划及建设内容	80
3.2.2 总平面布置方案	80
3.2.3 竖向布置	83

3.2.4 实物保护	83
3.2.5 防排洪设计	83
3.2.6 交通运输规划	84
3.3 处置场工程设计	84
3.3.1 处置场建设方案	84
3.3.2 配套设施	89
3.3.3 设备选型	90
3.4 废物的处置	92
3.4.1 废物包装形式	92
3.4.2 处置工艺流程	92
3.5 三废的产生及处理	99
3.5.1 施工期主要污染物的产生及处理	99
3.5.2 运行期主要污染物的产生及处理	100
3.6 辐射防护	102
3.6.1 辐射分区	102
3.6.2 远距离操作方式	104
3.6.3 废物接收和吊装码放的辐射防护要求	104
3.6.4 人流、物流控制	105
3.6.5 辐射监测	106
3.7 应急计划	107
3.7.1 应急组织体系	107
3.7.2 应急指挥机构与职责	108
3.7.3 应急状态分级与应急行动水平	110
3.7.3 应急程序	115
3.8 质量保证	117
3.8.1 质量保证要求	117
3.8.2 质量控制措施	118
3.8.3 质量控制监督和质保监查	118

3.8.4 纠正和预防措施	118
3.9 处置场关闭	119
3.9.1 关闭的条件	119
3.9.2 关闭步骤.....	120
3.9.3 关闭计划.....	120
3.9.4 处置场关闭后的控制措施	122
第四章 环境质量现状	123
4.1 调查内容和取样布点	123
4.2 调查结果	126
4.2.1 燃料处理厂周围监测结果	126
4.2.2 废物减容设施周围监测结果	127
4.3 已有设施对处置场环境的影响	128
4.4 非放环境质量现状评价	129
4.5 小结	129
第五章 安全分析.....	130
5.1 安全策略分析	130
5.1.1 选址原则与目标	130
5.1.2 纵深防御与坚稳性	131
5.1.3 被动安全特征	132
5.1.4 不确定性的处理	132
5.2 安全分析景象开发	133
5.3 运行安全分析	135
5.4 关闭活动安全分析	135
5.5 与其它设施相互影响分析	136
第六章 环境影响.....	137
6.1 施工期间环境影响分析	137
6.2 运行期的环境影响	138
6.2.1 正常工况的辐射环境影响	138

6.2.2 非放环境影响	139
6.2.3 事故工况下的环境影响	140
6.3 关闭后的环境影响	140
6.3.1 关闭后景象分析	141
6.3.2 地下水途径影响	142
6.3.3 闯入景象影响	157
6.4 小结	169
第七章 环境监测和流出物监测	171
7.1 环境及流出物监测的目的	171
7.2 运行前的环境本底监测	171
7.3 施工期间的环境监测	172
7.4 运行期间和关闭后阶段的环境监测和流出物监测	173
7.4.1 流出物监测	173
7.4.2 环境监测	174
7.4.3 监测范围、点位和频次	174
7.4.4 监测分析项目、仪器及方法	176
7.5 文件和记录	178
7.5.1 文件的编制、审核和批准	178
7.5.2 文件的发布和分发	178
7.5.3 文件变更控制	178
7.6 质量控制	179
7.6.1 监测分析仪器的质量控制	179
7.6.2 监测分析方法的质量控制	179
7.6.3 监测分析人员的质量控制	179
7.6.4 监测数据、报告的质量控制	180
第八章 处置场建造和运行的效益分析	181
8.1 利益分析	181
8.1.1 处置能力	181

8.1.2 安全效果	181
8.1.3 经济利益	181
8.1.4 社会和环境利益	182
8.2 代价分析	182
8.2.1 经济代价	182
8.2.2 社会代价	183
8.2.3 环境代价	183
8.3 效益分析	183
8.3.1 效费比	183
8.3.2 社会效益	184
8.3.3 环境效益	184
第九章 结 论	185
9.1 项目概况	185
9.2 环境质量现状	185
9.3 废物的产生及处理	185
9.3.1 施工期废物产生及处理	185
9.3.2 运行期主要污染物的产生及处理	186
9.4 环境影响	187
9.5 承诺	188
附件一： 选址阶段环评批复	189
附件二： 选址阶段承诺及环评批复的落实情况	192
附件：	195

前 言

随着我国核电快速发展以及其他领域的建设运行，届时将产生大量的低放固体废物，如何安全、有效的处置这些低放废物，是核能发展亟待解决的问题。2003 年，我国颁布的《中华人民共和国放射性污染防治法》明确规定，低中放射性固体废物实行近地表处置。

目前我国已建成并投入运行的近地表处置场有西北、北龙和飞凤山三个处置场，初步形成了西北、华南、西南区域处置格局。其中，西北处置场于 1998 年在甘肃省建成，规划容量 20 万 m^3 ，已建成 2 万 m^3 容量，主要接收西北地区的军工废物、原子能院产生的废物以及获得国防科工局批准接收的其他民用废物等；北龙处置场于 2000 年在广东省建成，规划容量 24 万 m^3 ，首期建成 8800 m^3 ，目前主要用于大亚湾核电基地的核电废物暂存；飞凤山处置场于 2016 年在四川省建成，规划容量 18 万 m^3 ，首期建成 4 万 m^3 ，主要用于接收四川地区产生的低中放废物。

另外，辽宁、浙江、福建、广西等核电集中省份的沿海处置场均在申请过程中，但受处置场占地、“邻避效应”等问题，这些省份处置场选址和建设的进展相对缓慢。目前，核电厂废物暂存库中积存的废物总量接近或超出其设计容量，并超出暂存不超过 5 年的要求，而沿海处置场的建设进度远远落后于核电发展，低放固体废物的最终出路问题是核电厂运行面临的主要困境之一。

为了缓解沿海核电废物暂存的压力，同时为解决其他领域放射性废物处置需求，有必要尽快开展新的低放固体废物处置场建设，以便集中处置这些废物。

鉴于此，国内核电业主（包括中国核工业集团有限公司、中国广核集团有限公司、国家电力投资集团有限公司）以及甘肃省拟共同出资成立合资公司在甘肃金塔新建一座低中放固体废物处置场，处置全国范围内产生的中低放废物，处置场前期工作由中核清原环境技术工程有限责任公司（以下简称“清原公司”）负责。

龙和近地表处置场（以下简称“龙和处置场”）位于甘肃省酒泉市核技术产业园的核技术产业生产区（低污低放类），主要服务于我国核电厂和其他领域产生的低放固体废物集中处置。处置场规划总处置容量 100 万 m³，拟分五期建设（一期处置容量 24 万 m³，二期处置容量 24 万 m³，三期处置容量 20 万 m³，四期处置容量 18 万 m³，五期处置容量 14 万 m³），其中一期一阶段建设处置容量 4 万 m³，共 20 个处置单元，处置能力设计为 4000m³/a，运行期 10 年。

目前，清原公司已按照选址程序要求，完成了对旧井场址（北山地区）、矿区场址（甘肃矿区）、金塔场址（甘肃省酒泉市核技术产业园）的场址比选工作，并最终推荐位于甘肃省酒泉市核技术产业园的金塔场址。

2020 年 8 月，清原公司委托中国辐射防护研究院编制了《龙和近地表处置场建设项目场址阶段环境影响报告书》，2020 年 12 月，生态环境部以环审[2020]148 号文（见附件一）批复了该报告，认为项目选址符合国务院确定的核电废物“集中+区域”处置的选址政策，符合甘肃省“三线一单”的要求，满足低中放废物处置场选址要求。

本报告是场址阶段环境影响报告的延续，为申请建造阶段，本阶段与上阶段相比不存在设计重大变更，报告中对一期一阶段的源项进行了细化，同时，对上阶段环评批复及环评报告中承诺事项进行了落实，具体内容见附件二。

第一章 概述

1.1 编制目的

本报告是依据中国核电工程有限公司编制的《龙和近地表处置场一期一阶段建设项目初步设计总说明》(2020.12)、《龙和近地表处置场一期一阶段建设项目初步安全分析报告》(2020.12)所提出的处置场建设方案、废物处置方案和废物源项等,对龙和近地表处置场一期一阶段的建造、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

项目名称:龙和近地表处置场一期一阶段建设项目

建设单位:中核清原环境技术工程有限责任公司(项目建成后将由合资公司运营)

建设性质:新建

建设周期:本工程建设周期24个月,预计2022年运行

资金来源:本工程总投资28000万元,全部为企业自筹

1.3 项目建设的目的与必要性

目前,核电放射性废物处置工作严重滞后的问题日益凸显,核电厂废物暂存库中积存的废物总量接近或超出其设计容量,并超出暂存不超过5年的要求。处置场的建设进度和规模远远落后于核电发展,低放固体废物的最终出路问题是核电厂运行面临的主要困境之一。沿海处置场的选址立项较为困难,进展较为缓慢,且核电站已积存并将产生大量的放射性废物,因此,在沿海处置场建成投运前,需要有一条处置核电废物的出路。

中核集团秦山核电厂1号机组于1994年投入商运,若运行寿期按照60年计算,将会在2054年迎来该机组的退役。依此类推,2060年-2070年,中核集团运营的机组将有7台机组退役,2071-2080年将有19台机组退役。这些核电机组退役产生的废物量大、时间比较集中,需要提前做好这些核电退役产生低放废物的处置规划。

此外，考虑到其他领域产生的低放废物和核技术应用与医疗放射性废物的处置，也都需要建设新的低放固体废物处置场。国内现有低放固体废物的处置能力远不能满足当前和今后低放废物处置的需求，尽快开展低放废物处置场的建设工作已非常紧迫。

目前，我国多地的拟建处置场选址困难，拟建的龙和低放废物处置场场址区域条件优良，外部建设条件良好，非常适宜建设低放废物处置场。通过本项目的建设，可为我国低放废物的最终处置提供安全、经济的解决方案。

综上所述，建设一座低水平放射性固体废物处置场是非常必要。

1.4 建设内容和规划

龙和低放废物处置场（以下简称“龙和处置场”）位于甘肃省酒泉市核技术产业园的核技术产业生产区（低污低放类），主要服务于我国核电厂和其他领域产生的低放固体废物集中处置。处置场拟采用近地表单元格处置形式，规划总处置容量 100 万 m^3 ，拟分五期建设（一期处置容量 24 万 m^3 ，二期处置容量 24 万 m^3 ，三期处置容量 20 万 m^3 ，四期处置容量 18 万 m^3 ，五期处置容量 14 万 m^3 ），并形成低放废物接收与贮存能力 4000 m^3 。其中本项目一期一阶段规划处置容量 4 万 m^3 ，具体建设内容包括：

- （1）新建 20 个低放废物处置单元；
- （2）新建 1 个低放废物接收与贮存厂房（该暂存库已经单独编制了环评报告表）；
- （3）新建配套设施包括：综合办公楼、生产用车库房、供暖站、污水处理站、场区大门（人员出入口、货运出入口）；
- （4）新增数控吊车、吊具、载重汽车等工艺设备 35 台（套）；新增辐射监测仪器设备 75 台（套）。

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 16 号，2020 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) NNSA-HAJ-0001-2020，《放射性废物处置安全全过程系统分析》，生态环境部，2020 年
- (13) GB18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- (14) GB9132-2018 《低中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》
- (15) GB11928-1989 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》
- (16) GB14500-2002 《放射性废物管理规定》
- (17) GB899-88 《电离辐射监测质量保证一般规定》
- (18) 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》
- (19) GB11806-2019 《放射性物质安全运输规程》
- (20) GB11215-1989 《核辐射环境质量评价一般规定》
- (21) 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》

- (22) GB12711-2018《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》
- (23) EJ1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》
- (24) GB14569.1-2011《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》
- (25) EJ1042-2014《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》
- (26) EJ1076-2014《低、中水平放射性固体废物容器 钢箱》
- (27) HJ/T23-1998《低中水平放射性废物近地表处置设施的选址》
- (28) GB3096-2008《声环境质量标准》
- (29) GB/T14848-2017《地下水质量标准》
- (30) GB8978-1996《污水综合排放标准》
- (31) GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》
- (32) GB12523-2011《建筑施工场界环境噪声排放标准》
- (33) GB16297-1996《大气污染物综合排放标准》
- (34) GB/T 18920-2020《城市污水再生利用—城市杂用水水质》
- (35) HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》
- (36) GB/T 15950-1995《低中水平放射性废物近地表处置场环境辐射监测的一般要求》
- (37) HJ 2.2-2018《环境影响评价技术导则 大气环境》
- (38) HJ610-2016《环境影响评价技术导则 地下水环境》
- (39) GB3095-2012《环境空气质量标准》
- (40) HJ164-2020《地下水环境监测技术规范》

1.5.2 委托文件

中核清原环境技术工程有限责任公司与中国辐射防护研究院签署的《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段项目环境影响评价服务委托合同》。

1.5.3 主要技术资料

- (1) 中国核电工程有限公司，《龙和近地表处置场一期一阶段

建设项目初步设计总说明》，2020年12月；

(2) 中国核电工程有限公司，《龙和近地表处置场一期一阶段建设项目初步安全分析报告》，2020年12月；

(3) 核工业南京工程勘察院，《金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目可行性研究阶段岩土工程勘察报告》，2020年7月

(4) 核工业南京工程勘察院，《金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目可行性研究阶段水文地质调查报告》，2020年7月

(5) 中国核电工程有限公司，《甘肃低水平放射性废物集中处置场一期一阶段建设项目 周围人口、环境及外部人为事件调查和统计报告》，2020年9月

(6) 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

(7) 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

(8) 中国辐射防护研究院，《燃料处理厂（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

(9) 甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划（2017~2030）。

1.5.4 政府批文

(1) 金塔县发展和改革局关于中核清原环境技术工程有限责任公司金塔低放固体废物处置场、极低放废物处置场及低放废物贮存库一期一阶段建设项目登记备案的通知（金发改行服〔2020〕359号）

(2) 金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物处置场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目建设用地规划许可证及规划条件通知书（地字第 620921202000023 号）

1.6 环境管理目标

1.6.1 公众剂量管理目标值

(1) 处置场运营期

本处置场接收符合国家标准规定的废物包装，不建设专门的废物整备设施。因此，处置场运营期的操作主要是场内运输、接收检验、吊装放置、封顶覆盖，正常情况下基本没有放射性核素向环境释放。本工程运行过程中，对公众造成的影响主要是废物处置过程中，高剂量率货包的天空反散射对园区其他工作人员造成的剂量。参考 GB18871-2002，将处置场运营期正常情况下公众剂量约束值定为 0.01mSv/a；运营期事故情况下，公众所受的个人有效剂量控制值为不超过 1mSv/次。

(2) 处置场关闭后

本处置场一期工程按照 24 万 m³ 的废物量来规划设计，其中一期一阶段按照 4 万 m³ 的废物量来设计，处置场规划废物总处置容量为 100 万 m³。按照“统筹规划、分步实施，一次选址、分期建设”的原则，后续工程将按照废物产生情况、废物包装情况以及资金安排等因素适时设计、建造。根据 GB9132-2018 的相关规定，将处置场一期一阶段（4 万 m³）关闭后对公众所造成的个人年有效剂量约束值定为 0.01mSv/a，整个处置场（100 万 m³）关闭后对公众造成的剂量不超过 0.2mSv/a。

在处置场的有组织控制解除后，对无意闯入处置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 5mSv/次。

1.6.2 废物的设计接收限值

1.6.2.1 废物接收标准

(1) 活度浓度控制值

处置场一期一阶段只接收核电运行产生的低放固体废物，根据废物源项调查结果，一期一阶段废物中主要核素为裂变核素及活化产物，主要核素为 H-3、C-14、Co-60、Ni-63、Sr-90、Tc-99、I-129

和 Cs-137 等核素，基本不含铀及超铀核素，根据《放射性废物分类》（环境保护部、工业和信息化部、国防科工局 公告 2017 年第 65 号）和核电废物源项特征，一期一阶段废物浓度接收上限值见表 3.1-7。

表 1.7-1 低水平放射性废物活度浓度上限值

放射性核素	活度浓度 (Bq/kg)
C-14	1.0E+07
Ni-63	1.0E+09
Sr-90	4.9E+08
Tc-99	1.4E+07
I-129	1.0E+05
Cs-137	1.0E+08

注：其余放射性核素，活度浓度上限值为 4.0E+11

当废物含多种人工放射性核素时，每种放射性核素的活度浓度与其对应活度浓度限值的比值之和，应满足下列公式：

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i}{C_{i0}} \leq 1$$

式中：C_i 为废物中第 i 种放射性核素的活度浓度，C_{i0} 为第 i 种放射性核素的活度浓度上限值，n 是废物中放射性核素的数目。

1.6.2.2 设计接收废物的量

一期一阶段建设处置容量为 4 万 m³，处置的低放废物总活度为 9.83×10¹⁵Bq。

1.6.3 含放射性核素废水排放控制值

本工程运行后，将对可能产生的洗车废水、洗衣和淋浴废水进行收集，并定期分析和监测，当放射性指标满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中总 α≤1Bq/L，总 β≤10 Bq/L，排入污水处理站处理，处理完成后用于场区绿化；若不满足要求，收集后进行就地水泥固化处理。

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省酒泉市核技术产业园内，该园区位于金塔县西坝乡西北区域，主要以燃料处理产业、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 1.7-1。

表 1.7-1 环境空气质量标准

污染物	标准值				引用标准
	单位	小时平均	日平均	年平均	
SO ₂	μg/m ³	500	150	60	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级 标准
NO ₂	μg/m ³	200	80	40	
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)。

(3) 地下水

地下水执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中的 III 类标准。

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 1.7-2。

表 1.7-2 噪声排放标准

污染物名称	引用标准	执行标准
噪声排放	《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011)	昼间：70dB(A) 夜间：55dB(A)
	《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排入污水处理站进行处理，出水水质满足《城市污水再生利用—城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020) 中道路清扫、城市绿化标准，处理后出水主要用于厂区绿化、降尘。经处理后废水中污染物排放限值见表 1.7-3。

表 1.7-3 经处理后废水中污染物浓度限值

污染物	单位	排放限值	执行标准
pH	-	6.0~9.0	《城市污水再生利用—城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)
色度	-	30	
嗅	-	无不快感	
浊度/NTU	-	10	
BOD ₅	mg/L	10	
氨氮	mg/L	8	
阴离子表面活性剂	mg/L	0.5	
溶解性总固体	mg/L	2000	
溶解氧	mg/L	≥2.0	
总氯	mg/L	2.5	
大肠埃希氏菌	-	无	

1.8 项目“三线一单”情况分析

根据原环保部发布的《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》要求：切实加强环境影响评价管理，落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”约束，加快推进改善环境质量；强化“三线一单”约束作用，在生态保护红线范围内，严控各类开发建设活动。项目环评对照区域环境质量目标，深入分析预测项目建设对环境质量的影

防治措施和污染物排放控制要求。

(1) 生态保护红线

经与甘肃省生态环境厅请示和沟通，根据甘肃省“三线一单”有关研究结果，本项目场址不在生态保护红线范围内。

(2) 环境质量底线

项目运行期间，除车辆运输产生的废气和水泥砂浆搅拌产生的粉尘之外，不产生其它废气，对环境影响很小。非放废水包括职工生活、非放射性区域淋浴排水，排水量约 17.7m³/d，废水全部收集后排入本项目自建的污水处理站进行处理，处理完成后的废水满足标准后用于厂区绿化。本项目产生的非放固体废物主要是工作人员的生活垃圾，收集后统一处理。因此，项目的实施不会对周边环境产生较大影响，不会改变区域环境功能类别，与环境质量底线相符。

(3) 资源利用上线

本项目为环保治理项目中的放射性废物治理项目，运营过程消耗新鲜水较少，不属于高耗水项目；项目用电、用油主要为吊装设备耗电和废物运输车辆用油，不属于高耗电项目；项目占用土地为甘肃省酒泉市核技术产业园规划的工业用地，符合土地利用规划，不占用耕地和基本农田。综上所述，本项目资源消耗低，符合区域内资源利用上线。因此本项目的实施与资源利用上线相符。

(4) 负面清单

本项目与环境准入负面清单符合性分析情况表见表 1.8-1。本项目的建设性质、工艺设备、运营期间污染物的产生情况等均不在环境准入负面清单范围内，本项目的建设与环境准入负面清单相符。

表 1.8-1 项目与环境准入负面清单符合性分析

项目	环境条件	准入性分析
行业准入负面清单	国家、地方布局规划要求不在本区域发展的行业	不涉及
产品准入负面清单	涉及国家规定的禁止生产、经营的货物、产品的项目	不涉及
工艺准入负面清单	工艺、装备水平不满足行业准入条件的项目	不涉及
	《产业结构调整指导目录（2019 年本）》限制类、淘汰类项目	鼓励类
	生产方法、生产工艺及设施装备不符合国家最新技术政策要求的项目	不涉及
清洁生产准入负面条件	对于出台（或试行）清洁生产标准的行业，入园企业要达到清洁生产企业要求；对于没有出台清洁生产标准的行业，入园企业清洁生产要达到本行业国内先进水平	本项目为环保治理项目，无清洁生产相关标准
污染源准入负面清单	无废水预处理设施，废水不能达到行业污染物排放标准和新建园区污水处理站的进水水质要求	本项目新建污水处理站，水质满足要求后用于厂区绿化
	危险废物不能做到不落地、不暂存	本项目不产生危险废物，产生的放射性固体废物在本项目填埋
	涉及大颗粒原料、一般固废，厂区储存不采取封闭措施的	本项目生活垃圾送环卫部门统一处理
	废气无法达标排放	本项目不产生放射性废气，车辆运输产生的废气和水泥砂浆搅拌产生的粉尘满足相关标准要求
	污染物排放不满足总量控制要求	本项目不设总量控制指标
	涉及重大风险源，未采取有效风险措施	本项目不涉及重大风险源
布局要求	居住区上风向的高污染、高风险项目，对居民区造成较大影响，且无法采取有效环保措施、风险防范措施	不是高污染、高风险项目
规模要求	耗水量大，经论证区域水资源无法满足其用水需求的项目	非耗水量大的项目
	污染物排放量大，区域环境容量无法满足该项目需求的项目	除车辆运输产生的废气和水泥砂浆搅拌产生的粉尘之外，不产生其它废气
其他	《甘肃省产业结构调整负面清单及能效指南（2014 版）》限制类、淘汰类项目	不涉及

由上分析可知，本项目选址符合甘肃省“三线一单”的相关要求。

1.9 评价范围及环境保护目标

根据《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》(HJ/T5.2-1993), 本项目辐射环境评价范围为以处置单元为中心, 半径 10 km 范围的圆形区域。本工程环境保护目标见表 1.9-1。

表 1.9-1 本工程环境保护目标一览表

要素	保护对象				保护性质	保护级别
辐射环境	名称	方位	距评价中心距离 (km)	人口数	居民点	本项目公众剂量约束值
	生地湾农场二分场	SSE	8.1	257		
	生地湾农场三分场	S~SSE	7.3	353		
	生地湾农场四分场	SSE	10.8	447		
大气环境	评价范围内居民点				居民点	《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准
声环境	设施边界外 200m 范围内				声环境	《声环境质量标准》(GB3096-2008) 3 类
水环境	周围潜层地下水				地下水	《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 中的 III 类标准

第二章 场址环境

2.1 地理位置

场址地点位于甘肃省酒泉市核技术产业园区内，场址中心坐标为东经 $98^{\circ}34'49.78''$ ，北纬 $40^{\circ}19'30.31''$ 。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，西南距昌马水库约 150km。场址位置图见图 2.1-1。



图 2.1-1 场址地理位置示意图

2.2 人口分布及饮食习惯

2020 年，清原公司委托中国核电工程公司对场址周围人口及外部事件进行调查，编制完成了《甘肃低水平放射性废物集中处置场一期一阶段建设项目场址周围人口、环境及外部人为事件调查和统计报告》（2020 年 9 月），本次评价人口和数据采用该次现场调查的实际调查数据。

2.2.1 各子区现有人口分布及年龄构成

场址半径 5km 范围内不存在行政村及自然村。场址半径 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，包括生地湾农场二分场、三分场和四分场。场址半径 10km 范围内的人口分布情况见表 2.2-1 和图 2.2-1。

金塔半径 10km 范围内 2019 年底常住人口总数为 1057 人（不包含甘肃酒泉核技术产业园的龙瑞项目和金睿科创城内职工）。≤1 岁、1~7 岁（包括 7 岁）、7~17 岁（包括 17 岁）和>17 岁四个年龄组 2019 年底人口数分别为 13 人、26 人、53 人和 965 人，相应占总人口数的比例数分别为 1.23%、2.46%、5.01%和 91.30%。场址周围 10km 范围人口年龄结构见表 2.2-2。

表 2.2-1 场址半径 10km 范围内居民点分布情况（2019 年）

序号	生产队、自然村名称	人口数	距离 (km)	方位
1	生地湾农场二分场	257	8.1	SSE
2	生地湾农场三分场	353	7.3	S~SSE
3	生地湾农场四分场	447	10.8	SSE

表 2.2-2 场址周围 10km 人口年龄结构（2019 年）

年龄 (岁)	≤1 岁	1-7 岁	7-17 岁	>17 岁
人口数	13	26	53	965
所占比例 (%)	1.2	2.5	5.0	91.3

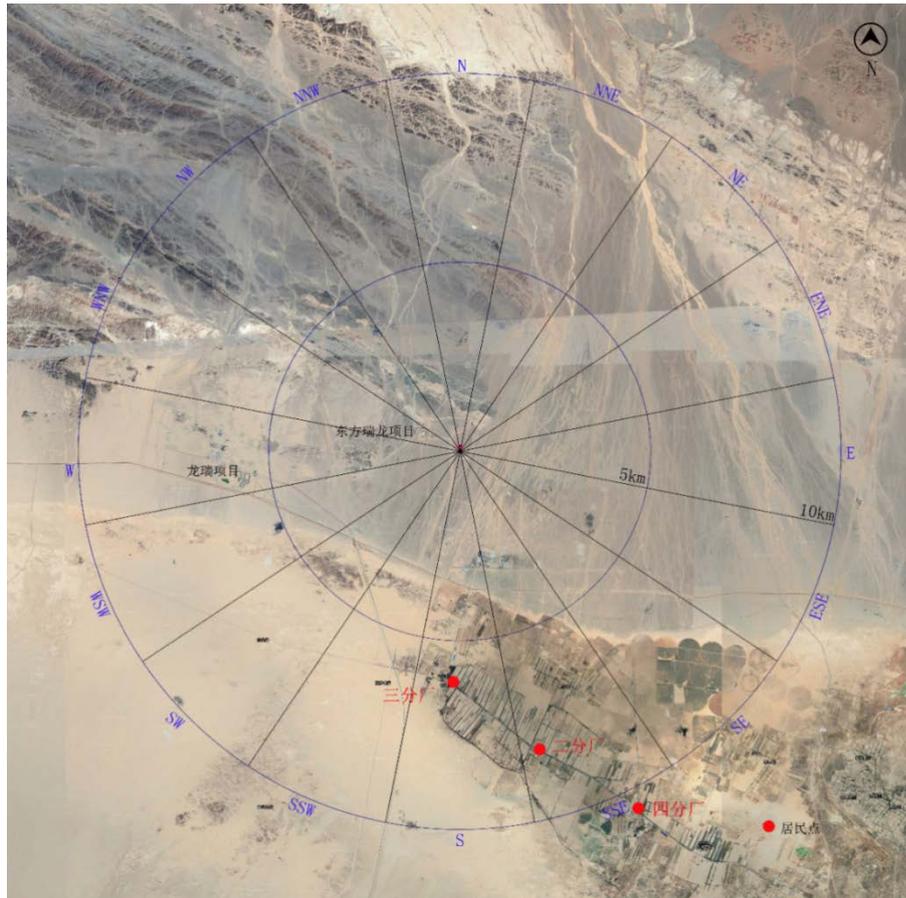


图 2.2-2 场址半径 10km 范围人口分布图

2.2.2 人口发展规划

场址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。

场址 S~SSE 方向 2.7~3.7km 处是甘肃酒泉核技术产业园的金瑞科创城，目前正在施工建设中，建设工程主要是甘肃酒泉核技术产业园的生活区和宿舍楼等生活配套设施，将来会有大量核设施建设施工员工入住，目前金瑞科创城的施工人员共有约 900 人，其中约 100 人晚上做班车返回龙瑞项目内的生活区内居住，剩下约 800 人居住在金瑞科创城的生活区内。金瑞科创城预计 2021 年 5 月完工，完工后，龙瑞项目的施工建设人员约 2 万人将住在科创城内。

在场址 W 方向 5.3~7.5km 处是甘肃酒泉核技术产业园的龙瑞项目所在地，该项目为乏燃料后处理厂及配套办公生活设施，项目建设周期较长（预计十年以上），目前仍在建设中，但已经有部分办公和生活设施已经在使用中，该项目现有施工人员和办公居住人员共 2.7 万人左右，全部居住在该项目园区内，待金瑞科创城完工后（预计 2021 年 5 月），约 2 万名施工人员将搬至金瑞科创城居住，龙瑞项目园区内仅留项目相关办公人员居住。

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 2.2-3。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 2.2-3 生地湾农场居民平均食物消费量 (kg/a)

食物品种		≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁	来自评价区内的比例%		来自评价区外的比例%
						生地湾农场%	金塔县%	
粮食	米	0.41	10.00	11.96	14.72	0	0	100
	面	0.75	80.00	101.17	145.85	40	60	0
	其它	0.12	3.00	2.74	3.53	50	50	0
蔬菜	叶类	1.75	13.00	16.17	27.58	50	50	0
	根茎类	0.62	6.88	7.61	12.90	20	80	0
	果实类	1.35	22.32	24.33	39.00	40	60	0
	水生类	0.02	0.68	0.48	0.46	0	0	100
肉类	猪肉	0.13	6.25	6.04	8.98	50	50	0
	羊肉	0.05	2.38	4.57	5.75	60	40	0
	牛肉	0.02	2.63	1.65	2.05	0	0	100
	禽肉	0.08	5.25	4.20	4.62	70	30	0
蛋		15.5	3.88	7.63	5.02	70	30	0
水产品		0.27	1.10	1.43	2.91	0	0	100
奶类及奶制品		125	21.00	78.50	16.12	0	40	60
水果		18.50	14.00	32.75	33.93	50	50	0

2.3 社会经济和资源概况

2.3.1 社会经济

2018 年，金塔县全年实现生产总值 73 亿元，同比下降 6%。其中，第一产业增加值 18.9 亿元，比上年增长 7.8%；第二产业增加 14.4 亿元，增长 6.7%；第三产业增加值 39.7 亿元，增长 4.8%。全县人均生产总值达到 5 万元。

2018 年，金塔县全农作物播种面积 63.3 万亩，比上年增长 2.7%。粮食播种面积 23.5 万亩，粮食总产量 11.8 万吨；棉花种植面积 0.7 万亩，棉花总产量 994 吨；油料种植面积 5.2 万亩，油料总产量 8601 吨；蔬菜种植面积 10.9 万亩，蔬菜总产量 40.8 万吨；瓜果种植面积 4.3 万亩，瓜果产量 18.7 万吨；药材种植面积 3.1 万亩，产量 2.1 万吨。全年完成造林面积 6.8 万亩。全县禽畜饲养量达到 277.8 万头(只)，增长 1.4%。全年肉类总产量达 16832 吨，增长 3.5%；牛出栏 3378 头，牛存栏 6660 头；羊出栏 69.4 万只，存栏 58.6 万只；猪出栏 7.2 万头，存栏 4.4 万头；鸡出栏 88.4 万只，存栏 46.5 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。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

场址位于甘肃酒泉核技术产业园内，该产业园位于金塔县西坝乡西北区域，主要以燃料处理产业、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 2.3-1）。



图 2.3-1 甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划

(1) 核燃料循环核心区：位于园区金十路以西。设 1 个产业组，以燃料处理、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，以燃料处理配套产业、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已有中核清原环境技术工程有限责任公司和甘肃东方瑞龙环境治理有限公司（以下简称“东方瑞龙”）、甘肃东方新环环境治理有限公司（以下简称“东方新环”）等 3 家入驻企业。场址中心距离甘肃东方瑞龙和东方新环均约 1km，在这两个公司的 E 方位，东方瑞龙现有员工约 30 人，东方新环正在申报项目，项目还未建设。厂址与上述两家企业的位置关系见图 2.3-2。



图 2.3-2 厂址与东方瑞龙和东方新环的位置关系示意图

项目建设单位清原公司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。场址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。截止到 2019 年，金塔

县规模以上工业企业 14 家，均不在场址半径 10km 范围内。经当地政府有关部门核实，场址区域不存在压覆矿情况，清原公司正在办理压覆矿审批手续，预计 2020 年 12 月获得批复文件。

场址半径 5km 范围内有企事业单位 5 家，距离最近的为 W 方位约 1km 处的东方瑞龙环境治理有限责任公司，该公司现有职工 30 人。

场址半径 5km 范围内企事业单位见表 2.3-1。

表 2.3-1 场址半径 5km 范围内企事业单位情况

序号	厂矿企业名称	职工人数	相对场址位置		产品
			方位	距离 (km)	
1	莹艳矿业	30	NW	2.0	生产砂石矿
2	瑞城实业	20	W	3.0	生产砂石矿，建设中
3	应急气源站（生产区）	20	W	4.4	LNG 应急气源
4	西坝养护站	9	WSW	4.1	公路养护站
5	东方瑞龙环境治理有限公司	30	W	1.0	废物处理处置，建设中

2.3.4 农副业畜牧业

（1）农副业

场址半径 10km 范围仅生地湾农场存在农业生产，2019 年生地湾农场各作物种植面积及单产详见表 2.3-2 和 2.3-3。西坝乡（距离场址 29km）农作物种植情况见表 2.3-4。

表 2.3-2 生地湾农场作物种植面积及单产情况

作物种类	面积	亩产（公斤/亩）	总产（万公斤）
项目化种植小计	5255.78	*	18.47
燕麦草	110.00	333.82	3.67
制种葵花	5118.20		0.00
西红柿（大棚）	27.58	5366.00	14.80
统一农产品小计	7333.10	*	1061.21
辣椒	2790.90	380.00	106.05
番茄	1046.80	7000.00	732.76
玉米	2541.40	800.00	203.31
其他	954.00	200.00	19.08
家庭农场合计	11585.70	*	1109.62
苜蓿	7772.80	800.00	621.82
洋葱	515.20	7000.00	360.64
小麦	3060.30	400.00	122.41
其他	237.40	200.00	4.75

表 2.3-3 生地湾农场作物种植面积情况

作物种类	一分场	二分场	三分场	四分场
辣椒	596.2	247.3	1271.1	676.3
番茄	256.2	375	247.2	168.4
玉米	336.2	968.4	607.5	629.3
洋葱	236.9	95.7	138.1	44.5
小麦	150	814.1	764	1331.9
苜蓿	836.2	3200.7	1739.2	1691
葵花	1771.3	0	624.6	88.2
胡萝卜	26.3	127.6	150.4	0
其他	0	30.1	353.4	246.8
合计	4209.3	5858.9	5895.5	4876.4

表 2.3-4 西坝乡作物种植情况 单位：亩、吨

农作物播种面积总计	64845				
谷物及其它	面积	37866			
	粮食	面积	20911		
		产量	11445		
		小麦	面积	8084	
			产量	3646	
		玉米	面积	12827	
产量			7799		

	棉花	面积	23	
		产量	3	
	油料	面积	3078	
		产量	526	
		胡麻籽	面积	149
			产量	41
		油菜籽	面积	144
			产量	25
		葵花籽	面积	2785
			产量	460
	甜菜	面积	4776	
		产量	22544	
	其它作物	面积	9078	
		产量	765	
		蔬菜及其他制种	面积	6803
			产量	265
		蔬菜制种	面积	3956
产量			167	
其它制种		面积	2847	
		产量	1216	
其它作物	面积	1510		
	产量	1216		
蔬菜园艺	面积	13583		
	蔬菜	面积	13583	
		产量	52661	
瓜果、坚果、香料	面积	8504		
	瓜类	面积	5392	
		产量	25105	
	红黑瓜籽	面积	1232	
		产量	225	
	孜然	面积	1880	
产量		393		
药材	面积	4892		
	产量	2180		
	甘草	面积	70	
		产量	62	
	枸杞	面积	4822	
		产量	2119	

(2) 畜牧业

场址半径 10km 范围内涉及生地湾农场部分无畜牧养殖，西坝乡（距离场址 29km）牧业生产情况见表 2.3-5。

场址半径 10km 范围内无大规模养殖场，规划建设中的金塔县永康牧业有限责任公司 1 万头生猪育肥项目位于场址 SSE 方位 11km，项目建成后年出栏生猪 1 万头，存栏量为 2880 头。

表 2.3-5 西坝乡牧业生产情况 单位：头、匹

大牲畜	655			
	当年产仔畜	312		
	能繁殖母畜	333		
	牛	637		
		能繁母畜	326	
			当年产仔畜	306
	驴	17		
		当年产仔畜	6	
能繁殖母畜		7		
骆驼	1			
猪年末存栏	3515			
	能繁殖母猪	165		
年末羊存栏	64091			
	能繁殖母羊	31117		
	山羊	4291		
		能繁殖母羊	2098	
	绵阳	59800		
		能繁殖母羊	29019	
半细毛羊及改良羊		59800		
鸡存栏（万只）	5.61			
出栏鸡	5.81			
当年出栏的猪肉	3557			
当年出栏的菜羊	61915			
	绵阳	55076		
当年出栏的菜牛	300			
驴出栏	15			
肉产量	1273			
	猪肉	249		
	牛肉	30		
	驴肉	1		
	羊肉	929		
	禽肉	64		
山羊毛产量	2			
山羊绒产量	0			
绵羊毛产量	120			
禽蛋产量	168			

2.3.5 交通运输

场址半径 10km 范围内涉及 5 条县道（其中一条为规划县道、一条为规划高速公路），3 条乡道和 1 条铁路，最近的县道为 X276，最近的乡道为 Y426。厂址半径 10km 范围交通运输情况见图 2.3-3。

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。



图 2.3-3 场址半径 10 km 范围内交通情况（含规划 X279）

2.3.6 自然保护区和文物保护单位

场址半径 10km 范围内没有国家公园、自然公园，没有风景名胜，有 1 处自然保护区-沙枣园子省级自然保护区，最近处位于场

址 S 方位 5.4km，缓冲区最近处位于场址 SSW 方位 6.6km，核心区最近处位于场址 SW 方位 9.3km。场址与沙枣园子自然保护区相对位置如图 2.3-4 所示。

沙枣园子省级自然保护区位于金塔县西南角。其地理坐标在东经 98°1′~98°45′，北纬 39°57′~40°20′之间，总面积 152041hm²。其中：核心区总面积 30275hm²，占保护区总面积的 19.9%；缓冲区总面积 34439hm²，占保护区总面积的 22.7%；实验区总面积 87327hm²，占保护区总面积的 57.4%。

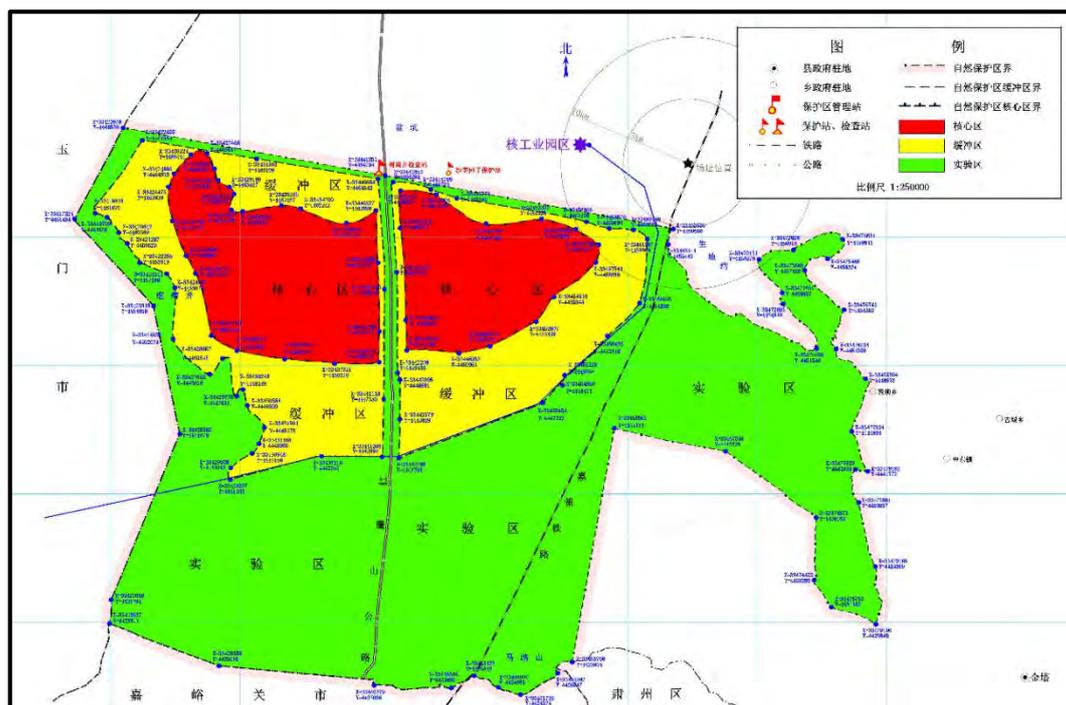


图 2.3-4 场址与沙枣园子自然保护区相对位置图

场址半径 10km 范围涉及文保单位主要为汉长城遗址，均为国家级保护单位，一共 15 处，位于场址 W~S~ESE 方位 3.5km~10km，最近处为 S 方位 3.5km。详见表 2.3-6。

表 2.3-6 场址半径 10km 范围内省级以上文保单位情况

序号	名称	范围	保护级别	概况	相对场址位置	
					方位	距离(km)
1	常家岗烽火台	西坝乡西移村西北 5.7 千米	国家级	台体平面呈圆形，直径24米，残高0.80米。	W~S~ESE	3.5~10
2	生地湾烽火台	西坝乡西移村西北 14.5 千米		台体平面呈不规则方形，底宽 5.70 米，顶宽 2.30 米，残高 2.20。		
3	床窝子敌台	西坝乡西移村西北 18.2 千米		台体平面呈不规则圆形，残高4米；底宽3.47米，顶宽 0.50米。		
4	床窝子井北烽火台	西坝乡西移村西北 17.40 千米		台体平面呈不规则椭圆形，底宽5米，残高0.80米。		
5	盆坑西烽火台	西坝乡西移村西北 26 千米		台体平面呈不规则矩形，土坯砌筑。残高 1.70 米；底宽 8.80 米，顶宽 3.30 米。		
6	木头井敌台	西坝乡西移村西北 22.3 千米		台体平面呈不规则圆形，残高 2 米；底宽 12 米，顶宽 6.70 米。		
7	常家岗壕堑 2 段	起点：西坝乡西移村西北 8.9 千米处 止点：西坝乡西移村西北 11.28 千米处		常家岗壕堑2段因洪水冲刷、风化坍塌已消失，全长2472米。		
8	北沙窝壕堑	起点：西坝乡西移村西北 11.28 千米处 止点：西坝乡西移村西北 14.21 千米处		壕堑底宽1.80米，上宽2.70米—4.10米，深0.40米—0.80米；堑底宽5.50米-7.90米，顶部呈丘状，高0.20米-1米，全长2937.50米。		
9	床窝子壕堑 1 段	起点：西坝乡西移村西北14.21千米处 止点：西坝乡西移村西北16.49千米处		壕堑底宽2.70米-3.10米，上宽3.50米—9.60米，深0.15米—1米；堑底宽5.50米-11米，顶部呈丘状，高0.30米-1.60米，全长2297米。		
10	床窝子壕堑 2 段	起点：西坝乡西移村西北 16.49 千米处 止点：西坝乡西移村西北 18.17 千米处		床窝子壕堑 2 段因洪水冲刷、风化坍塌已消失，全长 1756 米。		

11	木头井壕 堑 1 段	起点：西坝乡西移村西北 18.17 千米处 止点：西坝乡西移村西北 18.45 千米处	壕堑底宽3.40米，上宽7.20米，深0.68米；堑底宽5米-9米，顶部呈丘状，高0.10米-0.60米，全长407.50米。		
12	木头井壕 堑 2 段	起点：西坝乡西移村西北 18.45 千米处 止点：西坝乡西移村西北 22.4 千米处，该壕堑因洪水冲刷、风化坍塌已消失。全长 4136 米。	壕堑底宽3.40米，上宽7.20米，深0.68米；堑底宽5米-9米，顶部呈丘状，高0.10米-0.60米，全长407.50米。		
13	木头井壕 堑 3 段	起点：西坝乡西移村西北 22.4 千米处 止点：西坝乡西移村西北 24.7 千米处	木头井段壕堑3段因洪水冲刷、风化坍塌已消失，全长 2400米。		
14	黄水沟长 城 2 段	起点：西坝乡西移村西北 5.25 千米处 止点：西坝乡西移村西北 5.86 千米处	墙体剖面呈圆丘状，底宽4.20米—7.60米，残高0.35米—0.60米，全长1683.70米。		
15	常家岗长 城	起点：西坝乡西移村西北 5.86 千米处 止点：西坝乡西移村西北 7.87 千米处	墙体剖面呈圆丘状，底宽5.30米—14米，残高0.6米—1.50米不等，全长2822米。		

2.3.7 生态环境状态

场址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

2.4.1 场址常规气象条件

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 1958~2019 年的气象要素统计结果，当地多年平均温度为 8.6 °C，极端最高气温为 40.5°C，极端最低气温为-29.6°C；年均降水量为 65 mm，年蒸发量 2309.1 mm，1 日最大降雨为 37.3 mm，平均相对湿度为 44%，大风日数 70 d，平均风速为 2.2 m/s，年最多风向为 WNW 和 E，风频均为 10%，年次多风向为 ENE，风频为 9%。混合统计的年静风频率为 18%。

2.4.2 极端气象

(1) 龙卷风与热带气旋

调查 1951~2019 年间整个河西走廊范围内有记载的龙卷风资料，共收集到 5 个龙卷风样本。按照富士达~皮尔森强度分类进行评定，得到 F0 级龙卷风 4 例，F1 级龙卷风 1 例。场址地处内陆，由于地理位置上的特点，场址区域不存在、也未出现过热带气旋。

(2) 极端风速

场址区域年平均大风日数在 14.6~32.3d 之间。一年中各月均有可能发生大风天气，主要发生在春季，其次为冬季，夏季较少发生。记录范围中出现的最大风速为 28.0m/s（鼎新站、玉门镇站），极大风速为 32.5m/s（鼎新站）。

(3) 极端温度

场址区域出现的极端最高气温为 40.5°C（金塔站），极端最低气

温为-35.1℃（玉门镇站）。

（4）极端积雪

场址区域年平均积雪日数在 10.8~26.2d 之间，主要出现在 12 月到次年的 2 月份，3、4 月份和 11 月份出现的较少，6~9 月不出现。记录范围中出现的最大积雪深度为 18cm（玉门镇站）。

（5）沙尘暴

场址区域一年中以春季的 3~5 月是沙尘暴最多出现月份，沙尘暴累年平均出现日数在 7.3~16.3d 之间。金塔是沙尘暴多发地区，鼎新次之；酒泉和玉门镇相对较少。记录中沙尘暴沉降月平均最大值为 $729.06\text{t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{月}^{-1}$ ，降尘量最大值为 $699.4\times 10^4\text{t}\cdot\text{月}^{-1}$ 。

（6）其它灾害性天气

冰雹：场址区域属于少雹区，年平均冰雹日数在 0.2~0.5d 之间，冰雹天气主要集中出现在 4~8 月，夏季 6 月份降雹最多，冬季无冰雹天气出现。记录中出现的冰雹最大直径为 8mm。

雷暴：场址周围年均雷暴发生日数在 6.6~11.3 天之间。年变化均呈单锋型。雷暴最多出现于夏季和初秋的 5、6、7、8、9 月份，冬季 1、2、11、12 月无雷暴发生。

霜冻：年均霜冻发生日数在 68.2~101.3 天之间。

雾：年均雾日数在 0.5~2.3 天之间。3 月和 12 月份出现最多，其次是 9 月份。雾日数年变化呈现冬多夏少的趋势。

2.5 水文地质

本节内容依据《金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目可行性研究阶段水文地质调查报告》（2020 年 7 月）。水文地质调查范围见图 2.5-1，勘查点平面布置图见附图 1，钻孔柱状图见附图 2，综合水文地质图见附图 3~附图 5，调查区内除东侧北海子湖外无其它地表径流，只有灌溉渠系，仅发育有暂时性洪水冲刷的浅冲沟。北海子湖位于测区东部，面积约 20.91km^2 ，是区内唯一地表水系，调查期间测得湖水面标高约 1219m。

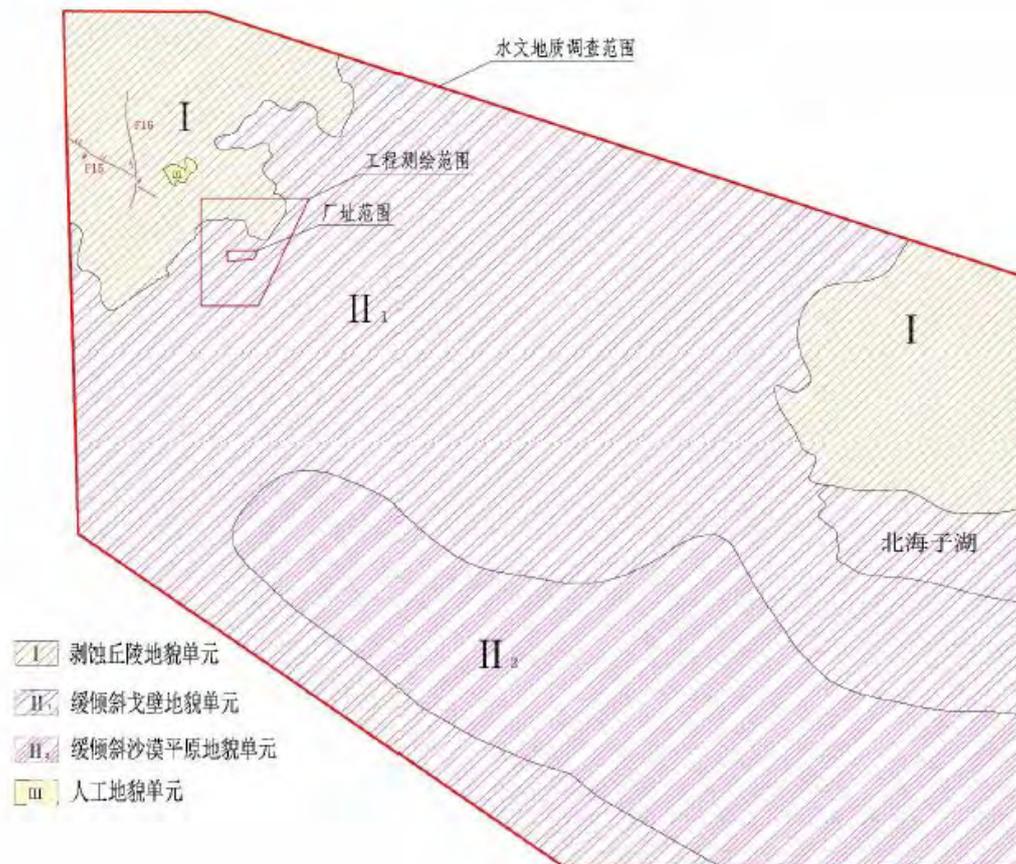


图 2.5-1 水文地质调查范围图

根据调查区地下水类型、分布范围及其补给、迳流方向、排泄条件等，并结合地形地貌特点，调查区以沙枣园子冲沟为界大致可分为两个相对独立的水文地质单元：沙枣园子冲沟以北和沙枣园子冲沟以南。沙枣园子冲沟以北地下水流向整体自北向南，地下水类型以基岩裂隙水为主；沙枣园子冲沟以南地下水流向整体自南向北，地下水类型以松散岩类孔隙水为主。

根据搜集到的资料，沙枣园子冲沟内地下水水位标高自西向东由高变低，说明地下水在沙枣园子冲沟范围内流向为由西向东，然后流入生地湾农场。生地湾农场约有机井 180 眼，常年集中开采地下水灌溉农田，每年开采地下水约 4360 万 m^3 ，导致集中开采区的地下水位下降，从而使周边地下水流场发生改变，周边的地下水向集中开采区流动，形成区域性降水漏斗状凹面。

场址所在水文地质单元为沙枣园冲沟以北单元，该单元地下水的主要排泄途径以蒸发为主，向南汇入沙枣园冲沟径流排泄为辅。

沙枣园冲沟为南北两个水文地质单元的排泄区，但由于生地湾农场机井大量的地下水开采改变了原有的地下水流场，导致场址所在北部水文地质单元的地下水穿过冲沟流向生地湾农场机井。

2.5.1 区域水文地质特征

(1) 松散岩类孔隙水

主要分布在调查区西南部沙枣园子保护区和生地湾农场内的缓倾沙漠平原地貌区，含水层主要分为两层：下更新统（ Q_1 ）含水层和中更新统（ Q_2 ）含水层。下更新统（ Q_1 ）含水岩组广泛分布于调查区域内，其岩性上部、中部为冲洪积砾砂石、中粗砂，夹砂土、粘土质粉砂透镜体。该含水层厚度介于 30~80m，由南往北逐渐变薄，单井涌水量南部 3000~5000 m^3/d ，北部 1000~3000 m^3/d ，富水性较好；中更新统（ Q_2 ）含水层广泛分布于调查区域内。岩性为湖积粉砂、砂土，夹砾砂石、粘土质粉砂层。该含水层厚度 15~30m，由南往北含水层厚度逐渐变小，颗粒相对变细。该含水层单井涌水量南部 3000~5000 m^3/d ，北部 1000~3000 m^3/d ，富水性较好。

缓倾沙漠平原区第四系松散堆积物厚度较大，具有良好的储水空间和径流条件，补给来源充沛，地下水的水量丰富，水质较好。根据已有资料，第四系松散岩类孔隙潜水的渗透系数为 $2.78 \times 10^{-4} \sim 7.20 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，属于中等透水层。

区域气候干旱，降水稀少，蒸发量大，松散岩类孔隙水补给方式主要为调查区东侧北海子湿地公园地表水体侧向补给及灌溉渠道渗漏补给，其次为田间灌溉水补给、季节性地表径流入渗补给以及大气降水和凝结水补给。

地下水排泄方式主要为潜水蒸发、植物蒸腾和垂向补给基岩裂隙水等方式，另外生地湾农场机井开采也是区内地下水的排泄途径之一。

(2) 基岩裂隙水

岩裂隙水主要分布在沙枣园子冲沟以北（场址区及附近区域）和生地湾农场以北区域，主要赋存于强风化、中等风化~微风化岩体的节理裂隙中，其含水层为志留—奥陶系及海西中期侵入岩地层，

岩性主要为片岩、板岩、千枚岩和花岗闪长岩，富水性很弱，泉流量 $<0.1\text{L/s}$ 。

本次水文地质调查过程中，对场区内的基岩裂隙水采用了抽水试验、注水试验和压水试验，根据试验结果，并结合场区外调查区范围内的前期勘察成果，调查区（含场区）浅部中等~微风化岩体（一般孔深 14.60m~21.50m 深度以上）因为裂隙比较发育，基岩裂隙水的渗透系数为 $3.13\times 10^{-5}\sim 2.38\times 10^{-4}\text{cm/s}$ ，透水率 1.454~16.373Lu，属于弱透水~中等透水层；调查区（含场区）深部中等~微风化岩体（一般孔深 14.60m~21.50m 深度以下）透水率为 0.021~5.649Lu，属很弱~弱透水。

岩裂隙水区无常年性地表水流，大气降水以不同方式渗入是该区地下水的主要补给来源，补给量的多少主要与降水的多少、岩性特征、裂隙发育程度等特征有关；另外，场址附近的建筑施工用水及生活用水的排放也是场区及附近区域地下水的主要补给来源。当地下水入渗到基岩的节理裂隙中，地下水沿节理裂隙向低处径流，直至裂隙发育段下界，在地势低洼处或冲沟处分散溢出地表。地下水的径流、排泄速度受节理裂隙的连通性、地形坡度所控制。地下水排泄方式有蒸发以及向冲沟、谷地分散排泄。

2.5.2 场址水文地质特征

场址区地下水主要以基岩裂隙水为主，赋存于强风化、中等风化~微风化岩体的节理裂隙中，主要接受大气降水和第四系地下水的补给，节理裂隙连通性较差，使得地下水分布极不均一，无连续、稳定水位，且水量贫乏。勘察期间观测到的场区基岩裂隙水地下水埋深为 9.38~15.98m。

2.5.2.1 含水层渗透性

（1）压水试验成果

为获取场区中等~微风化岩体的透水性参数，在场区 CK1、CK2、CK8 和 CK14 钻孔中完成了共计 51 段压水试验，每段压水段长均为 4.72m。各钻孔压水试验成果如表 2.5-1。

根据压水试验成果，并结合现场压水试验实际情况，得出以下

结论:

CK1 号钻孔: 21.53m 深度以上中等~微风化岩体裂隙发育, 且裂隙多为大倾角裂隙, 竖向延伸长度较大。透水率 1.454~9.380Lu, 弱透水为主, P-Q 曲线多为 A (层流) 型和 C (扩张) 型; 21.53m 深度以下透水率 0.042~1.188Lu, 主要以很弱透水为主, 局部 (63.66~73.00m) 为弱透水, P-Q 曲线以 A (层流) 型为主, 少量 C (扩张) 型和 D (冲蚀) 型。

CK2 号钻孔: 该孔岩芯较完整, 压水试验结果显示透水率在 0.102~0.144Lu, 属很弱透水, P-Q 曲线以 A (层流) 型为主。

CK8 号钻孔: 15.46m 深度以上透水率约 2.034Lu, 属弱透水; 15.46m 深度以下多以很弱透水为主, 局部地段 (38.46m~43.18m、51.47m~56.19m 和 60.71m~65.43m) 为弱透水, 透水率 0.084~5.649Lu, P-Q 曲线以 A (层流) 型为主, 少量 C (扩张) 型和 D (冲蚀) 型。

CK14 号钻孔: 14.61m 深度以上透水率约 16.373Lu, 属中等透水; 14.61m 深度以下多以很弱透水为主, 少部分地段 (42.23m~46.95m、49.05m~53.77m 和 58.29m~72.25m 段) 为弱透水, 透水率 0.021~2.939Lu, P-Q 曲线以 A (层流) 型为主, 少量 B (紊流) 型和 D (冲蚀) 型。

综合上述钻孔的成果: 拟建场地上部中等~微风化岩体 (一般 14.60m~21.50m 深度以上) 裂隙发育, 岩体透水率相对稍大, 一般为弱~中等透水; 下部岩体 (一般 14.60m~21.50m 深度以下) 岩体透水率为很弱~弱透水。P-Q 曲线以 A (层流) 型为主, 少量 B (紊流) 型、C (扩张) 型和 D (冲蚀) 型。

表 2.5-1 压水试验成果汇总表

孔号	段号	起止深度		起止标高		透水率	渗透系数		根据透水率确定的渗透等级	根据渗透系数确定的渗透等级	曲线类型
		段首	段尾	段首	段尾	Lu	m/d	cm/s			
CK1	CK1-17	6.12	10.84	1256.74	1252.02	9.380	/	/	弱透水	/	C (扩张) 型
	CK1-12	16.81	21.53	1246.05	1241.33	1.454	0.0161	1.86E-05	弱透水	弱透水	A (层流) 型
	CK1-11	21.43	26.15	1241.43	1236.71	0.928	/	/	很弱透水	/	C (扩张) 型
	CK1-10	26.05	30.77	1236.81	1232.09	0.987	0.0109	1.26E-05	很弱透水	弱透水	A (层流) 型
	CK1-9	30.67	35.39	1232.19	1227.47	0.193	0.0021	2.43E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK1-8	35.29	40.01	1227.57	1222.85	0.499	0.0055	6.37E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK1-7	39.91	44.63	1222.95	1218.23	0.105	0.0012	1.39E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK1-6	44.53	49.25	1218.33	1213.61	0.042	0.0005	5.79E-07	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK1-3	47.7	52.42	1215.16	1210.44	0.105	0.0012	1.39E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK1-2	52.32	57.04	1210.54	1205.82	0.185	0.0021	2.43E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK1-1	54.42	59.14	1208.44	1203.72	0.329	0.0036	4.17E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK1-21	59.04	63.76	1203.82	1199.1	0.191	0.0021	2.43E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK1-20	63.66	68.38	1199.2	1194.48	1.188	0.0132	1.53E-05	弱透水	弱透水	A (层流) 型
	CK1-19	68.28	73	1194.58	1189.86	1.133	/	/	弱透水	/	D (冲蚀) 型
CK1-18	72.9	77.62	1189.96	1185.24	0.291	0.0032	3.70E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型	
CK2	CK2-4	7.47	12.19	1256.34	1251.62	/	/	/	/	/	/
	CK2-3	10.74	15.46	1253.07	1248.35	/	/	/	/	/	/
	CK2-2	15.36	20.08	1248.45	1243.73	0.144	0.0016	1.85E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型
	CK2-1	19.98	24.7	1243.83	1239.11	0.102	0.0011	1.27E-06	很弱透水	很弱透水	A (层流) 型

孔号	段号	起止深度		起止标高		透水率	渗透系数		根据透水率确定的渗透等级	根据渗透系数确定的渗透等级	曲线类型
		段首	段尾	段首	段尾	Lu	m/d	cm/s			
CK8	CK8-10	10.74	15.46	1252.39	1247.67	2.036	0.0226	2.62E-05	弱透水	弱透水	A（层流）型
	CK8-9	15.36	20.08	1247.77	1243.05	/	/	/	/	/	/
	CK8-8	19.98	24.7	1243.15	1238.43	/	/	/	/	/	/
	CK8-7	24.6	29.32	1238.53	1233.81	/	/	/	/	/	/
	CK8-6	29.22	33.94	1233.91	1229.19	/	/	/	/	/	/
	CK8-5	33.84	38.56	1229.29	1224.57	0.150	0.0017	1.97E-06	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
	CK8-4	38.46	43.18	1224.67	1219.95	1.081	/	/	弱透水	/	C（扩张）型
	CK8-3	43.08	47.8	1220.05	1215.33	/	/	/	/	/	/
	CK8-2	47.7	52.42	1215.43	1210.71	/	/	/	/	/	/
	CK8-1	50	54.72	1213.13	1208.41	/	/	/	/	/	/
	CK8-18	51.47	56.19	1211.66	1206.94	5.649	0.0626	7.25E-05	弱透水	弱透水	A（层流）型
	CK8-17	56.09	60.81	1207.04	1202.32	/	/	/	/	/	/
	CK8-16	60.71	65.43	1202.42	1197.7	3.329	/	/	弱透水	/	D（冲蚀）型
	CK8-15	65.33	70.05	1197.8	1193.08	0.206	0.0023	2.66E-06	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
	CK8-14	68.78	73.5	1194.35	1189.63	0.084	0.0009	1.04E-06	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
CK8-12	72.05	76.77	1191.08	1186.36	0.226	0.0025	2.89E-06	很弱透水	很弱透水	A（层流）型	
CK14	CK14-9	9.89	14.61	1252.4	1247.68	16.373	0.1814	2.10E-04	中等透水	中等透水	A（层流）型
	CK14-8	14.51	19.23	1247.78	1243.06	0.102	0.0011	1.27E-06	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
	CK14-7	19.13	23.85	1243.16	1238.44	0.147	0.0016	1.85E-06	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
CK	CK14-6	23.75	28.47	1238.54	1233.82	/	/	/	/	/	/

孔号	段号	起止深度		起止标高		透水率	渗透系数		根据透水率确定的渗透等级	根据渗透系数确定的渗透等级	曲线类型
		段首	段尾	段首	段尾	Lu	m/d	cm/s			
14	CK14-5	28.37	33.09	1233.92	1229.2	/	/	/	/	/	/
	CK14-4	32.99	37.71	1229.3	1224.58	0.039	0.0004	4.63E-07	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
	CK14-3	37.61	42.33	1224.68	1219.96	0.021	0.0002	2.31E-07	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
	CK14-2	42.23	46.95	1220.06	1215.34	1.436	0.0279	3.23E-05	弱透水	弱透水	B（紊流）型
	CK14-1	45.83	50.55	1216.46	1211.74	0.755	0.0084	9.72E-06	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
	CK14-15	49.05	53.77	1213.24	1208.52	2.939	0.0584	6.76E-05	弱透水	弱透水	B（紊流）型
	CK14-14	53.67	58.39	1208.62	1203.9	0.899	0.0100	1.16E-05	很弱透水	很弱透水	A（层流）型
	CK14-13	58.29	63.01	1204	1199.28	1.766	0.0196	2.27E-05	弱透水	弱透水	A（层流）型
	CK14-12	62.91	67.63	1199.38	1194.66	1.558	/	/	弱透水	/	D（冲蚀）型
	CK14-11	67.53	72.25	1194.76	1190.04	2.367	0.0411	4.76E-05	弱透水	弱透水	B（紊流）型
	CK14-10	72.15	76.87	1190.14	1185.42	0.815	0.0090	1.04E-05	很弱透水	很弱透水	A（层流）型

(2) 其他试验成果

在场区 CK6、CK8 和 CK14 孔附近对表层包气带非饱和岩（土）层②层砾砂夹角砾进行了现场双环渗水试验和室内渗透试验，对基岩裂隙水开展了抽水试验与注水试验，并结合已有勘察成果，将调查区各岩土层的渗透系数和透水率进行汇总，见表 2.5-2。

表 2.5-2 调查区各岩土层渗透系数成果汇总表

地下水类型	含水层主要岩性	透水率 (Lu)	渗透系数			
		压水试验	抽水试验	注水试验	渗水试验	室内渗透试验
松散岩类孔隙水	砾砂夹角砾				$9.27 \times 10^{-3} \sim 1.70 \times 10^{-2}$	$5.98 \times 10^{-2} \sim 8.30 \times 10^{-2}$
松散岩类孔隙水	第四系砾砂		$2.78 \times 10^{-4} \sim 7.20 \times 10^{-3}$			
基岩裂隙水	强风化岩体		$2.31 \times 10^{-5} \sim 5.32 \times 10^{-5}$	1.46×10^{-5}		
基岩裂隙水	浅部中等~微风化岩体	1.454~16.373	$3.13 \times 10^{-5} \sim 2.38 \times 10^{-4}$	$1.23 \times 10^{-4} \sim 1.64 \times 10^{-4}$		
基岩裂隙水	深度中等~微风化岩体	0.021~5.649	/			

2.5.2.2 地下水流速、流向

根据统一观测的钻孔水位标高，结合场区实际情况对场区地下水流向进行分析：场区属缓倾斜戈壁平原地貌单元，在调查区的北侧，根据水位观测结果，地下水水位在中等~微风化基岩层内，属基岩裂隙水，受基岩裂隙的影响，地下水水位标高变化较大，但整体上水位标高呈北高南低的趋势，据此判断场区地下水的主要流向为由北向南。在 CK1、CK8 和 CK14 钻孔内完成了地下水的流向和流速测试，经监测，CK1 沿孔深范围内，流速均较小，不存在流速较大的水平流，水平流速 $2.90 \times 10^{-6} \sim 1.53 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，平均水平流速为 $9.11 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。CK8 沿孔深范围内，流速均较小，不存在较大的水平流，水平流速 $2.60 \times 10^{-6} \sim 7.94 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ，平均水平流速为 $5.05 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。CK14 沿孔深范围内，流速均较小，不存在流速较大

的水平流，全孔水平流速 $2.35 \times 10^{-6} \sim 7.13 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ，平均水平流速为 $4.82 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。地下水流向成果见表 2.5-3。

表 2.5-3 地下水流向、流速测试结果

孔号	深度 (m)	地下水流向 (与正北方向顺时针夹角)
CK1	50	120°
CK8	50	118°
CK14	50	125°

根据本次调查成果，场区地下水流向主要为由北向南汇入沙枣园子冲沟，地下水的渗流通道主要为中等~微风化岩体内发育的裂隙，随后由西向东流入生地湾农场区。根据试验成果，拟建场地地下水流速 $2.41 \times 10^{-6} \sim 1.70 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，平均流速 $8.67 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，约 27.5m/a。该区的地下水的流向均指向生地湾农场。

2.5.2.3 单孔弥散系数

本次调查在场区 CK1、CK8 和 CK14 钻孔内完成了单孔弥散测试，各孔弥散度和弥散系数见表 2.5-4。

表 2.5-4 各钻孔弥散度和弥散系数一览表

孔号	深度 (m)	含水层岩性	纵向弥散度 (m)	横向弥散度 (m)	纵向弥散系数 (m^2/d)	横向弥散系数 (m^2/d)
CK1	30	微风化变质石英砂岩	0.0027	0.00015	2.97×10^{-5}	1.65×10^{-6}
	50		0.0018	0.0024	1.30×10^{-5}	1.74×10^{-5}
	70		0.0020	0.0011	1.68×10^{-5}	9.25×10^{-6}
CK8	30	微风化变质泥岩和微风化变质泥岩	0.0019	0.0022	1.46×10^{-5}	1.70×10^{-6}
	50		0.0010	0.0160	3.97×10^{-6}	6.35×10^{-5}
	70		0.0007	0.0041	2.12×10^{-6}	1.24×10^{-5}
CK14	30	微风化变质泥岩	0.0012	0.0014	5.86×10^{-5}	6.83×10^{-6}
	50		0.0015	0.0008	8.94×10^{-6}	4.77×10^{-6}
	70		0.0015	0.0009	8.63×10^{-6}	5.18×10^{-6}

根据上表统计结果，场区微风化变质砂岩和变质泥岩的纵向弥散度 $0.0007 \sim 0.0027 \text{m}$ ，纵向弥散系数 $2.12 \times 10^{-6} \sim 5.86 \times 10^{-5}$ ，横向弥散度 $0.00015 \sim 0.016 \text{m}$ ，纵向弥散系数 $1.65 \times 10^{-6} \sim 6.35 \times 10^{-5}$ 。

2.5.2.3 地下水位变化情况

可研阶段勘察在场区布置了两个长期观测孔，其中 SS1 孔口标高为 1264.37m、SS2 孔口标高为 1262.8m。从 2020 年 7 月份开始，每月观测 1 次地下水水位，截至 2020 年 10 月观测到的地下水水位情况详见下表 2.5-5。

表 2.5-5 长期观测孔水位标高情况

孔号	水位标高 (m)				
	2020.7.7	2020.7.21	2020.8.24	2020.9.20	2020.10.20
SS1	1253.15	1250.03	1250.41	1250.55	1250.35
SS2	1251.86	1248.91	1249.69	1249.73	1249.45

2.5.2.4 水化学特征

在场区钻孔 CK1、CK8、CK14 采取了 3 组基岩裂隙水地下水样，进行了水质简分析，分析结果见表 2.5-6。

表 2.5-6 水质简分析主要成分成果表

编号	离子含量 (mg/L)							HCO ₃ ⁻ mmol/L	PH 值	备注
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	侵蚀性 CO ₂	NH ₄ ⁺	OH ⁻	总矿化 度			
CK1-SY1	141.8	365.0	16.5	0.0	0.0	0.0	824.7	3.00	8.15	基岩 裂隙 水
CK8-SY1	85.1	259.4	28.5	0.0	0.0	0.0	609.9	3.30	8.31	
CK14-SY1	88.6	255.5	18.0	0.0	0.0	0.0	649.2	3.80	8.38	

场址区水化学类型主要以 SO₄·HCO₃-Ca·Na (K)·Mg 为主，根据《岩土工程勘察规范》表 12.2.1~12.2.4 和附录 G 综合判定：拟建场地环境类型属 II 类，场地内基岩裂隙水对混凝土结构具弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水的条件下具微腐蚀性，在干湿交替的条件下具弱腐蚀性。

2.5.2.5 地球化学

在可研阶段岩土工程勘察与水文地质调查中，取北海子湖水、地下水、雨水和当地居民饮用水共 12 个水样进行氢氧同位素测试，取样点位置见图 2.1-8。根据试验成果，通过对该地区的湖水、地下水、饮用水和雨水氢氧同位素用线性回归进行拟合，降水线取理论

值的全球雨水线可以发现：

- (1) 北海子是一个内陆湖，由于过度蒸发数据偏正。
- (2) 雨水是由冷空气造成降水。
- (3) 1、8、14号孔均为分层取样，可看出孔水有分层现象。
- (4) 饮用水是由深层地下水开采而来。



图 2.5-1 同位素测试取样点

综上所述可知，测量数据主要落于标准雨水线上稍偏上。说明当地地下水主要来源于大气降水的水源补给。另外，所有地下水虽有分层但数据接近，线性规律较为明显，说明区域地下水主要来源于同一补给源。河水、地下水、雨水整体呈现较好的线性关系，结合现场调研情况，判断地下水与上游河水的补给来源也为大气降水。

2.5.2.6 土壤对核素的吸附

2020 年，清原公司委托中辐院进行“甘肃低中放处置场建设项

目核素迁移试验”，该试验分为两阶段，第一阶段采用实验室静态吸附试验方法，对龙和处置场包气带和含水层中的分配系数开展测量和研究，第二阶段采用土柱试验开展测量，目前已经完成第一阶段实验室静态测量工作，测量的核素主要有 Sr-90、Cs-137、Tc-99、Ni-63、Pu-238 这 5 个核素。

根据 2.6.3 节工程地质，拟建场区地层岩性主要由第四系上更新统洪积和奥陶—志留系沉积岩、变质岩组成，其中上更新统洪积主要以砂砾夹角砾为主，该层分布厚度为 0.8~7.8m，本工程开挖深度约-4.9m，基本将该层进行开挖。奥陶—志留系主要岩性有大理岩、变质石英砂岩和变质泥岩，处置单元坐落在上述岩层上。不同岩层核素的分配系数见表 2.5-7。

表 2.5-7 不同岩层核素的分配系数

介质类型	分配系数 (m ³ /kg)				
	Sr-90	Cs-137	Ni-63	Tc-99	Pu-238
中等-微风化变质石英砂岩	3.81E-04	5.69E-02	1.10E-02	7.49E-04	4.48E+00
强风化变质石英砂岩	1.15E-02	4.94E-02	5.28E-02	7.01E-04	6.87E+00
中等-微风化变质泥岩	1.97E-02	1.42E-01	2.30E-03	7.84E-04	1.45E+00
全-强风化变质泥岩	2.74E-02	1.23E-01	2.32E-03	8.42E-04	5.72E+00
中等-微风化大理岩	3.53E-04	1.76E-02	2.41E-03	3.42E-02	2.20E+00
强风化大理岩	2.94E-03	2.19E-02	2.25E-03	1.04E-02	1.87E+00

2.5.3 工程水文

2.5.3.1 水文描述

龙和处置场一期一阶段建设项目场址位于中核金塔环保产业园内，甘肃省酒泉市金塔县西坝乡西北约 28.6km 处，场址位于乏燃料后处理工业示范厂东北约 6km 处，为内陆场址。场址附近区域内主要有讨赖河水系。黑河流域的支流讨赖河、临水河和清水河汇入鸳鸯池水库。

讨赖河流域水系图见图 2.5-2。讨赖河发源于祁连山讨赖南山东段，由大羊陇、小羊陇、大白石头沟、小白石头沟、瓦乌斯河等汇

流而成，由东向西北流，在下红土湾转向北流，至冰沟出山后流向西北，称为北大河。在嘉峪关修建渠首及南、北干渠，河水转向东流，绕酒泉城北到西下坝纳临水河、清水河，横穿夹山，修建鸳鸯池水库，经金塔东北，至鼎新入黑河。因修建鸳鸯池水库及解放村水库，金塔至鼎新河段断流，河流全长 68km，流域面积 6883km²，年均径流量约 6.53 亿 m³。

讨赖河上游山区地势陡峻，水流湍急，出山后河床为砂砾石，渗漏大。河源处有冰川 380 条，冰川面积 136.67km²，储水量 43.04 亿 m³，每年冰川融水量 0.74 亿 m³，占河流多年平均径流量的 16%。

根据调查，鸳鸯池水库群发生洪水的时间主要在每年的 6、7、8 月，主要由暴雨形成，对讨赖河、洪水河两河发生的历史洪水进行调查统计，讨赖河 1952 年 7 月发生最大洪峰 1120m³/s，1952 年 8 月、1951 年 7 月发生次大洪峰 590m³/s、421m³/s。洪水河 1987 年发生最大洪峰 309m³/s，1958 年、1959 年发生次大洪峰 302m³/s、248m³/s。

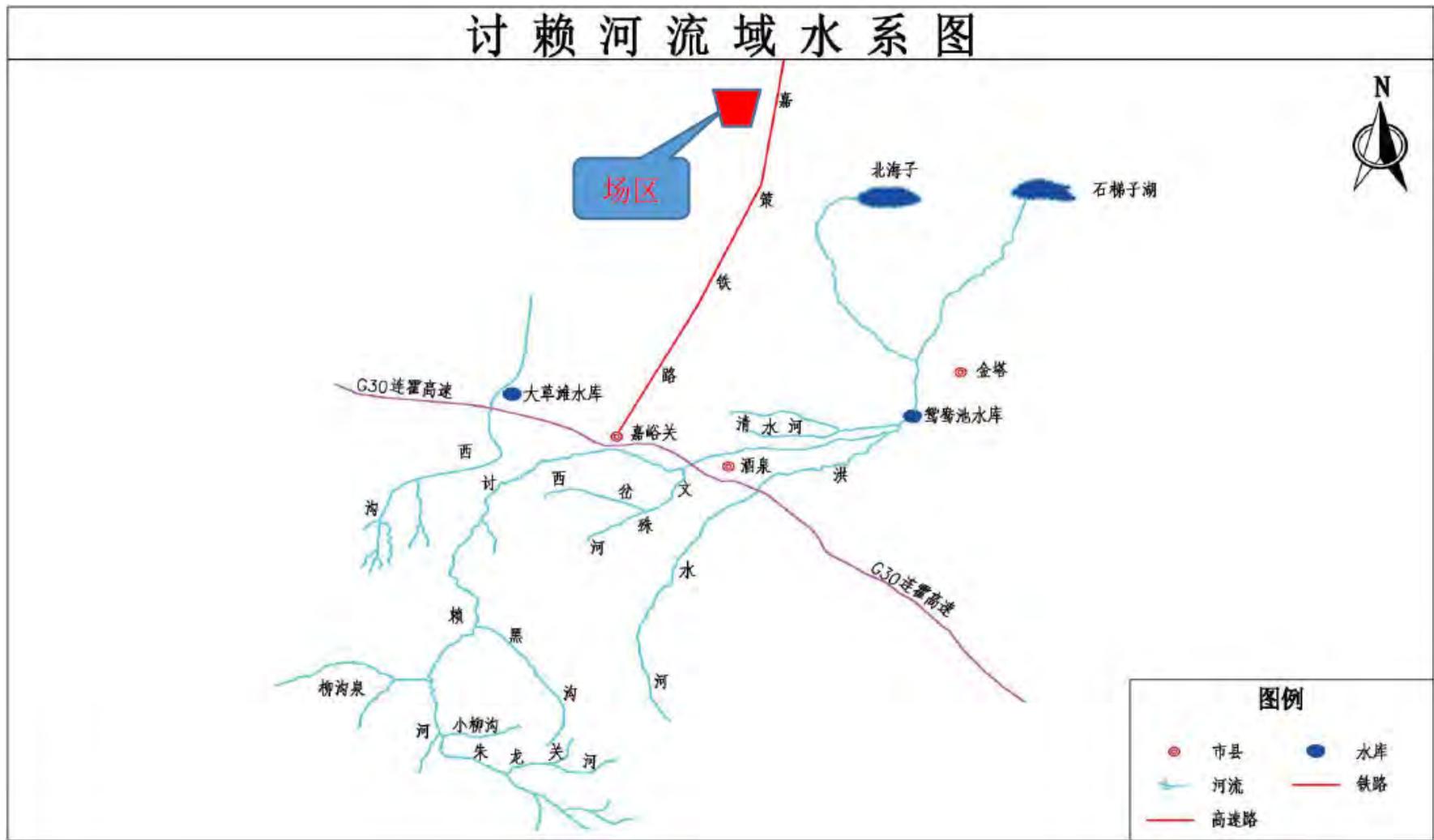


图 2.5-2 讨赖河流域水系图

2.5.3.2 场址区域暴雨特性

甘肃省暴雨一般都在每年的 5~10 月发生，大多数暴雨发生在 7~8 月份。根据中、东部地区的多数雨量站分析，每年 5 月份降水量开始有显著增加，约占全年降水的 10%以上，暴雨也随之发生，6~9 月份降水量最大，约占全年降水量的 70%~80%，而 7、8 月份降水约占全年降水的 45%，期间暴雨发生次数最多、量级最大。

根据甘肃省中、东部地区暴雨的分析，暴雨历时多集中在几小时或十几小时之内，一般 24h 雨量占 3d 雨量的 80%以上，6h 雨量占 24h 雨量的 65%以上，3h 雨量占 24h 雨量的 50%以上。省内长历时暴雨很少发生，且主要分布在东南部地带，大部分暴雨历时都在 24h 之内，属短历时特大暴雨骤发骤停，主雨时段强度大，雨量分布均匀。历时长、强度小、总量大、笼罩面积大的暴雨发生概率小。

从空间分布特征看，甘肃暴雨在东南部多、西北部少，山区多、平原区少，迎风坡多、背风坡少。除了最大 10min 降水量随高程的增高没有改变外，其余时段的降水量随高程的增高而增加。例如，同样处在陇南山地的白龙江下游河谷地带，年降水量在 500mm 以下，而河谷之上的山区年降水量可达到 700mm 以上；位于甘肃省中部干旱半干旱区的太子山峰区年降水量可达 1000mm，而山麓周围年降水量仅 300mm 多。山区的迎风坡降水量大于背风坡的降水量。位于干旱区的地形突起的陡坎和山头往往形成暴雨中心。沙漠戈壁地带的蒸腾作用使其边缘地带气流扰动和辐合能量增强，并容易形成暴雨中心，沙漠边缘的绿洲或地形突起会加大暴雨强度，如河西的阿克塞、玉门市、金昌、古浪一带曾有多次大暴雨发生。

2.5.3.3 场址防洪

讨赖河汛期洪水经鸳鸯池水库群、拦河湾东线、拦河湾西线汇入黑河，最终注入内蒙古的居延海，见图 2.6-2。从解放村水库溢洪道开始，至石庙子（分水尖子）分为东、西两线进入鸳鸯灌区。拦河湾东线经金塔、三合、中东、古城诸乡镇流入石梯子湖，向东穿越荒漠进入红沙墩水库、北河湾水库后泄入黑河。拦河湾西线经中东、西坝乡进入北海子，北海子位于场址东南方向约 13km 处，从

场址至北海子地势由高到低，高差达 37m，可保证本项目场址不受大范围陆域径流洪水影响。

场址附近地势总体为北高南低，地形总体趋势平缓，局部略有起伏。场址周边无地表水，仅发育有暂时性洪水冲刷的浅冲沟。为防御场址北侧暴雨山洪对场址造成的威胁，在一期工程场区东侧、北侧、西侧设置防洪工程。场区防洪工程总长约 995m，其中东侧防洪工程长约 215m，北侧防洪工程长约 630m，西侧防洪工程长约 150m，可保证场区不受小流域暴雨洪水影响。

2.6 地质和地震

2.6.1 地形地貌

场址区域上位于祁连山和马鬃山之间，靠近马鬃山。区域总的地势是北高南低，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，发育浅冲沟。

场址区域地势总体为北高南低，地形总体趋势平缓，坡度为1~3%，局部略有起伏。场址区按地貌形态、成因分为剥蚀丘陵地貌单元和微倾斜戈壁平原地貌单元，此外还发育有冲沟、风成砂包等微地貌。海拔一般为1260.64~1264.88m（1985国家高程系统），相对高差不大，地势相对平坦。场址地形地貌见图2.6-1。



图 2.6-1 场址地形地貌

2.6.2 区域地震地质特征

场址区域范围是指场址周围半径不小于150km范围，本区域范围：N38.85°-41.73°、E96.32°-100.27°。

2.6.2.1 大地构造分区

根据区域地质发育历史，区域可分为天山褶皱系（I）、塔里木地台（II）、中朝准地台（III）和祁连山地槽褶皱系（IV）等四个一级大地构造单元，它们可进一步划分为若干个二级构造单元，各构造单元的分布见图2.6-2。场址位于天山褶皱系（I），靠近塔里木地台（II）。

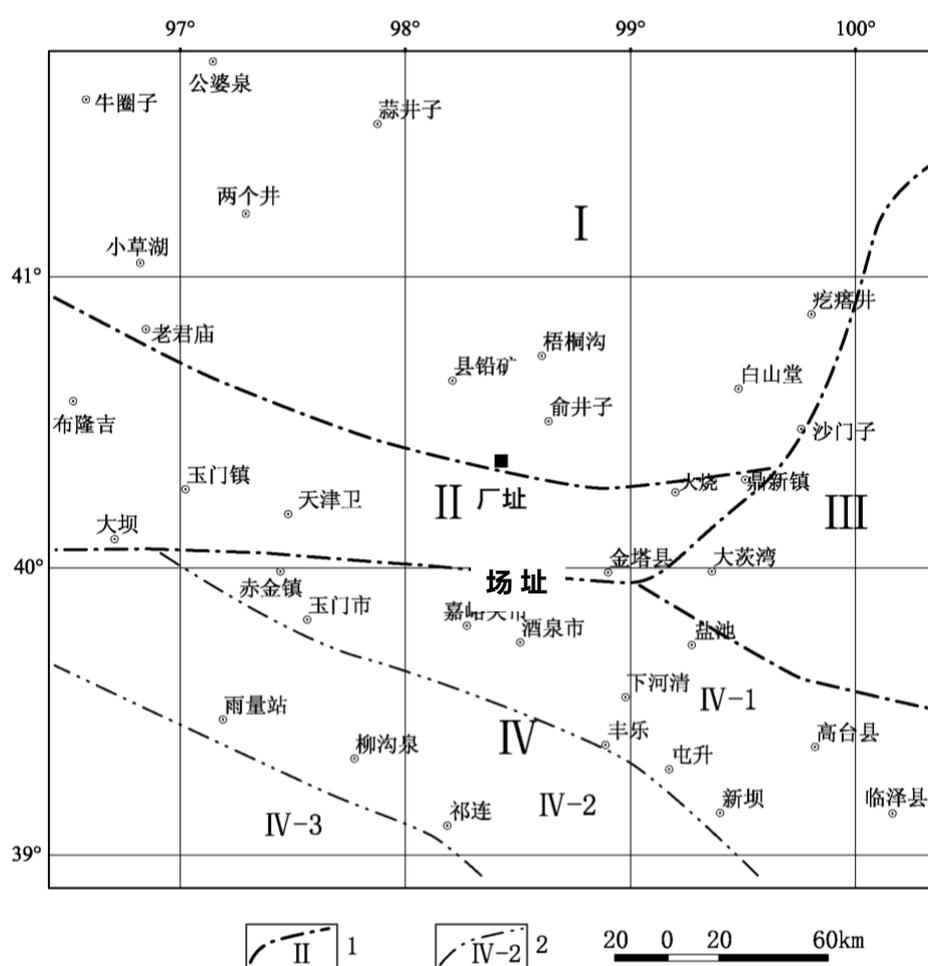


图 2.6-2 区域大地构造分区图

1.一级构造分区界线； 2.二级构造分区界线

I:天山褶皱系; II:塔里木地台; III:中朝准地台; IV:祁连山地槽褶皱系

IV-1.走廊过渡带; IV-2.北祁连优地槽褶皱带; IV-3.祁连中间隆起带

① 天山褶皱系（I）

天山褶皱系位于区域北部，区内仅涉及北山褶皱带，北山褶皱带是天山褶皱系的一个次级构造单元。震旦纪北山海槽呈东西向伸展，夹持于北部黑鹰山古陆与南部敦煌—阿拉善古陆间，沉积了总厚万余米的稳定陆缘浅海碎屑—碳酸盐岩，仅在海槽中心板井西南，偶有中—基性火山喷发。

早古生代北山地区仍为中间海槽及南北两侧古陆夹持之势。海槽时宽时窄，沉积时缓时速。浅海相碳酸盐岩、泥质硅岩及火山岩总厚约5000米。北山海槽一直延续到二迭纪，与天山海槽相通。早二迭世末的北山运动，使该区地层产生强烈褶皱并隆起；伴有海西期大规模岩浆侵入和喷溢；形成了红柳园、红石山南北两个狭长的东西向内陆拗陷，开始了中生代陆相沉积和断块活动的新时期，并与阿拉善地块结为一体。

第四纪以来，本区40°纬度线以北的北山—阿拉善地区总体表现为稳定块体性质，剥蚀强度大于上升幅度。地貌上为低缓的侵蚀平台，在Ⅱ、Ⅲ级夷平面上散漫分布一些平缓的东西向岭谷，残山孤丘呈浑园状，仅有一些规模不大的北东及北西向次级断层及东西向断层。

② 塔里木地台（Ⅱ）

塔里木地台是位于天山褶皱系与昆仑褶皱系间的相对稳定单元。区域范围内仅涉及敦煌—安西地区，属塔里木中央隆起带次级构造单元。海西运动及印支运动使天山海槽及昆仑海槽相继褶皱成山，塔里木地台因此而成为一个大型内陆盆地。盆地中岩浆活动不强烈，空间分布也很局限。盖层构造变动较弱，靠近北山地区比较稳定。其东南缘阿尔金断裂活动除表现强烈走滑外，尚有往盆地中心推覆的特点。

2.6.2.2 新构造运动

2.6.2.2.1 基本特征

区域范围处在青藏高原块体与阿拉善块体之间的过渡地带，南侧的青藏块体新构造运动十分强烈，以断裂和断块活动为基本特征。区域新构造运动主要有两个基本特征。

① 大范围整体性、间歇性抬升

区域随青藏高原于古近纪开始发生强烈抬升。区域内发育有三级夷平面，第一级夷平面形成于古近纪，第二级夷平面形成于新近纪，第三级夷平面形成于早更新世晚期至中更新世初期。此外，山区河谷中发育有多级阶地。上述表明，区域曾经历过多次且频繁的间歇性抬升。

② 断裂、断块活动的继承性和新生性

继承性表现为新构造时期，断裂和断块的格架受老构造的控制。青藏高原在喜山运动早期分异升降的基础上，在上新世—早更新世时期沿一些北西—北西西向先存边界断裂再次发生逆倾滑活动，被其控制的隆起区再度隆起，沉降区进一步下沉。

新生性主要表现为新构造时期或某一时期改变了断裂、断块原有的运动方式和强度。早更新世晚期或中更新世初以来，由于印度板块不断向北推挤，区内北西—北西西性质发生了重大转变，由原来的挤压逆冲为主转变为以水平滑移为主，显示明显的新生性。

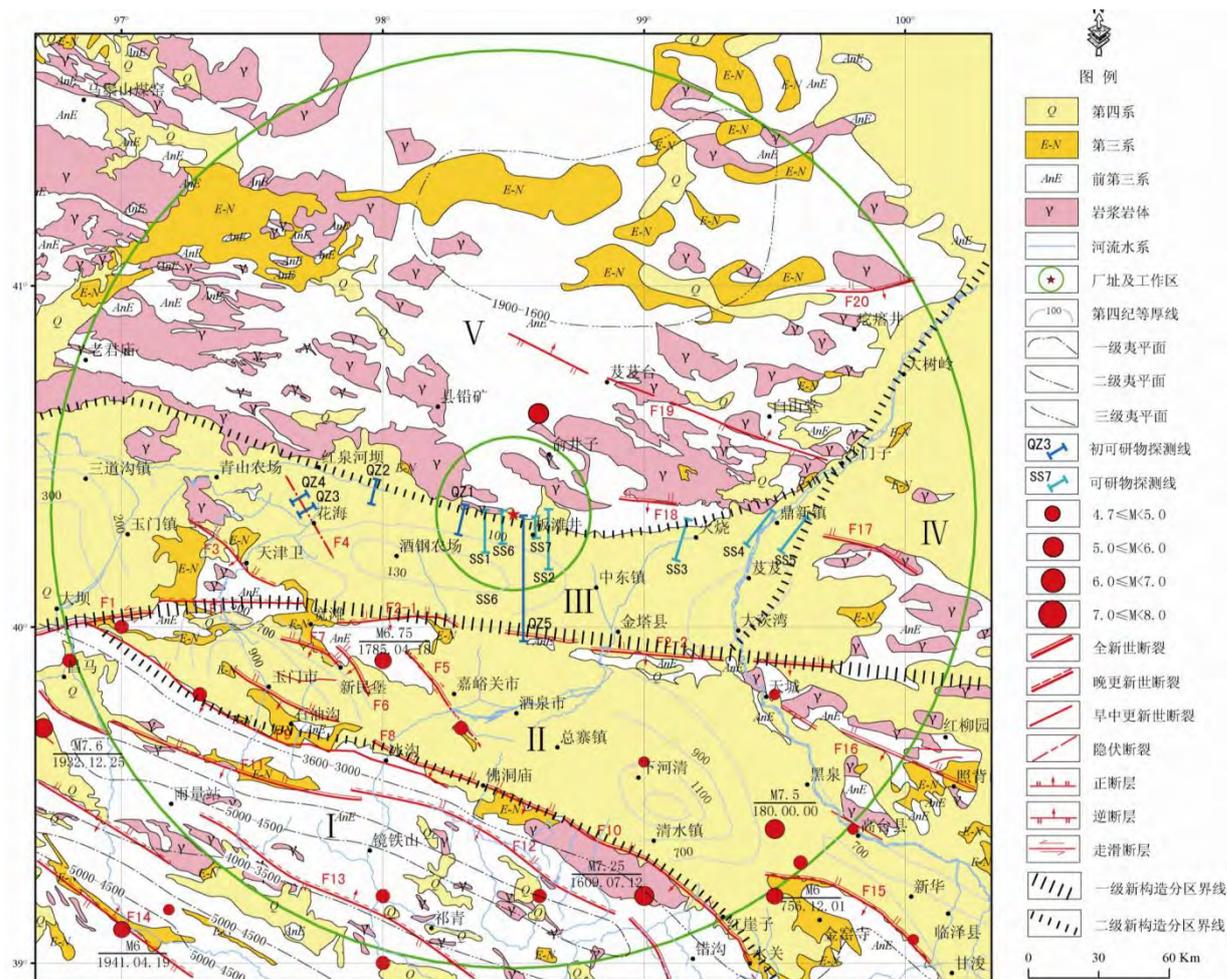
2.6.2.2.2 新构造运动分区

根据区域范围内各地新构造运动的发育历史、表现形式、第四纪沉积物厚度、阶地级数、高差、现代构造应力作用方式以及地震活动等资料，可将场址及其附近地区划分为5个新构造区（图2.6-3）。场址位于北山隆起区（V）与敦煌—安西沉降区（III）分界线附近。

北山隆起区（V）属低山丘陵区，发育多级夷平面。新构造线在隆起区西部呈北东向展布，在隆起区东部呈北西向展布，形成一个向北东突出的弧形。历史上没有5级以上地震，甚至5级以下地震也很少。新构造时期以来以缓慢上升为特征，特别是晚更新世以来至现代仍为缓慢而稳定的微弱上升区。

敦煌—安西沉降区（III）分布在阿尔金断裂和北山隆起区之间，由敦煌盆地、三危山隆起；踏实盆地、宽滩山隆起、花海—金塔盆地等组成。盆地第四系厚度小于200m，受北东东向断裂控制。隆起出露地层为前震旦系敦煌群变质岩类，并有北西向断层分布。历史上没有中、强地震记载。

总体而言，场址所在的新构造区是以阿尔金断裂带和祁连山山前断裂带所围限的现代地壳隆起区。北山为现代缓慢稳定的上升区，河西走廊为强烈的拗陷区，但在走廊中又有相对的隆起区，如低窝铺—宽滩山相对隆起区、文殊山隆起区等，新构造时期以来以缓慢上升为特征，特别是晚更新世以来至现代仍为缓慢而稳定的微弱上升区。场址位于北山隆起区的南部边缘，北山山前和场址区都不存在隐伏断裂，区域新构造与场址没有相关性。



I. 祁连山隆起区； II. 河西走廊西段沉降区； III. 敦煌—安西沉降区； IV. 阿拉善隆起区； V. 北山隆起区。

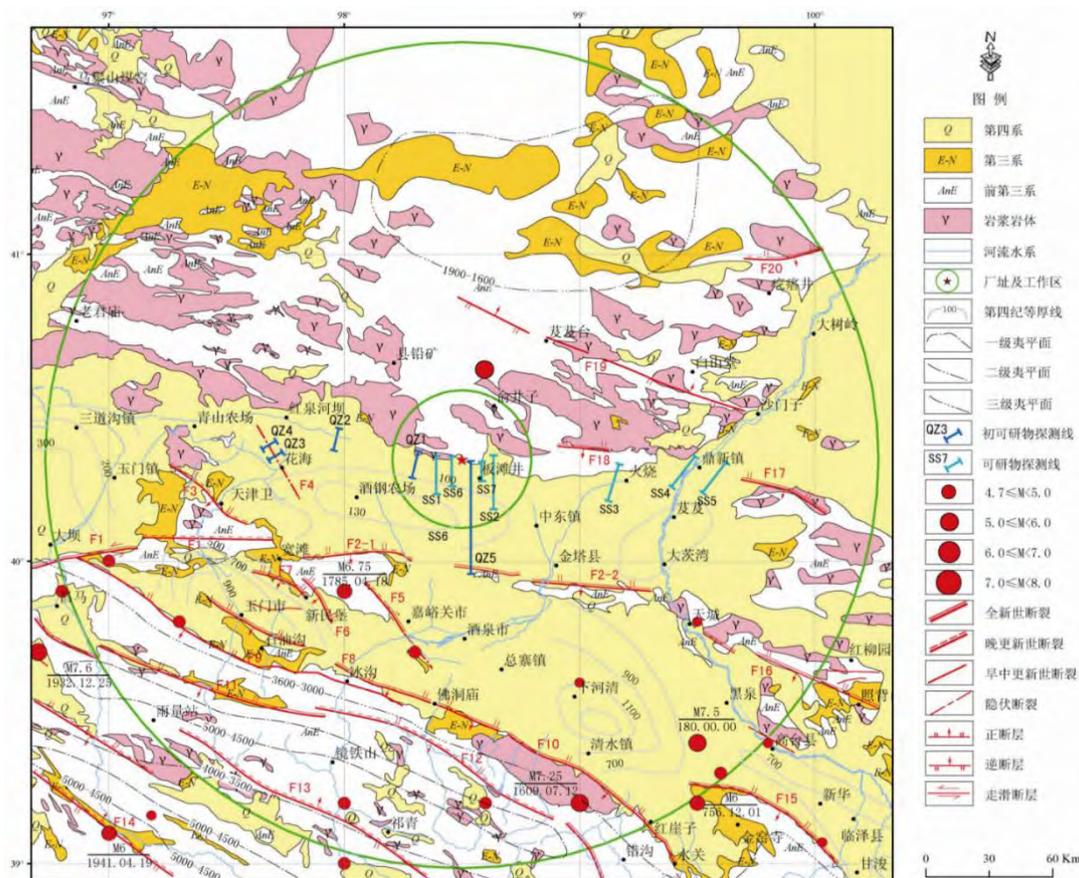
图 2.6-3 区域新构造分区图

2.6.2.2.3 断裂活动性

场址区域范围内发育了多条规模较大的活动断裂，如阿尔金断裂、黑山-金塔南山断裂、合黎山南缘断裂、昌马断裂、嘉峪关断裂和榆木山北缘断裂等，另外还发育了一些中等规模的北西向、北北

西向和近东西向断裂。自新构造运动以来，由于沿阿尔金断裂的左旋走滑活动，北西向的祁连山断裂产生逆冲并强烈隆升，祁连山北侧的河西走廊强烈拗陷，位于阿尔金断裂以北的北山-阿拉善地区则为现代缓慢上升的稳定区。场址所在的花海-金塔盆地北缘、北山山前地区新构造运动以来主要以缓慢上升为特征，特别是晚更新世以来至现代仍为缓慢而稳定的微弱上升区。

各断裂的位置、性质和活动时间详见图2.6-4和表2.6-1。



F1.阿尔金断裂东段；F2.黑山-金塔南山断裂；F3.塔儿湾-宽滩山断裂；F4.花海断裂；F5.嘉峪关断裂；F6.阴洼山断裂；F7.新民堡断裂；F8.玉门-北大河断裂；F9.旱峡-大黄沟断裂；F10.佛洞庙-红崖子断裂；F11.昌马断裂；F12.肃南断裂；F13.中祁连北缘断裂；F14.中祁连南缘断裂；F15.榆木山北缘断裂；F16.合黎山南缘断裂；F17.鼎新断裂；F18.俄博庙断裂；F19.野马井断裂；F20.尖山北断裂

图 2.6-4 区域地震构造图

表 2.6-1 区域主要断裂活动特征一览表

断裂编号	断裂名称	区内长度 (km)	产状			区内分段	最新活动时代	最新活动性质	地震活动
			走向	倾向	倾角				
F1	阿尔金断裂东段	197	75°	SE	50~70°	赤金堡以西 Q4 赤金堡以东 Q3		逆左旋	
F2	黑山-金塔南山断裂	61	70~80°	SW	60~70°	黑山 Q3, 金塔南山 Q3	Q4	逆断裂	
F3	塔尔湾-宽滩山断裂	37	300°	SW	60~70°	东强西弱	Q2-4	逆断裂	
F4	花海断裂	36	330°	SW	40~60°		Q3	逆右旋	
F5	嘉峪关断裂	38	330~350°	SW	70°	南强北弱	Q3-4	逆断层	
F6	阴洼山断裂	17	310-330°	SW	55°		Q4	逆断层	
F7	新民堡断裂	20	315°	SW	30°		Q4	逆断裂	1785 年 6¼地震
F8	玉门-北大河断裂	80	330°	SW	30~45°	玉门段 Q3, 北大河段 Q4	Q3-4	逆断裂	
F9	旱峡-大黄沟断裂	160	290~300°	SW	40~70°		Q1-2	逆左旋	
F10	昌马断裂	170	280~290°	SW	60~70°		Q4	逆右旋	1932 年 7.6 级地震
F11	佛洞庙-红崖子断裂	110	290°	SW	20~50°		Q3-4	逆左旋	1609 年 7¼地震
F12	肃南断裂	100	290°	SW	55~60°	肃南段活动性强	Q3-4	逆左旋	
F13	中祁连北缘断裂	300	295°	SW	50~70°		Q3-4	逆左旋	2001 年 5.3 级地震
F14	中祁连南缘断裂	350	290~300°	SW	60°		Q3-4	逆左旋	
F15	榆木山北缘断裂	60	290~300°	SW	40~60°		Q4	逆左旋	180 年表氏 7 级地震
F16	合黎山南缘断裂	150	280°	SW	50~65°		Q4	逆断裂	756 年高台北 7 级地震
F17	鼎新断裂	32	295~300°	NE	70~80°		Q3-4	逆断裂	
F18	俄博庙断裂	18	290°	NE	70~80°		Q3-4	逆走滑	
F19	野马井断裂	130	300°	NE	70°		Q1-2	逆断裂	
F20	尖山北断裂	35	NEE	N	>80°		Q4	逆断裂	

2.6.2.3 区域地震特征

2.6.2.3.1 地震资料完整性

场址区域范围主要涉及青藏地震区青藏高原北部地震亚区的六盘山—祁连山地震带和柴达木-阿尔金地震带。由于历史文化、地域等多方面的原因，历史地震记载缺失较多，且各个地区差异较大。

根据黄玮琼等（1994）的研究结果，属于青藏地震区青藏高原北部地震亚区的六盘山—祁连山地震带，其东部地区历史破坏性地震记录到清朝末年才较为完整，其中 $M_s \geq 5$ 级地震资料基本完整的起始年为 1885 年， $M_s \geq 6$ 级地震资料基本完整的起始年为 1604 年， $M_s \geq 7$ 级地震资料基本完整的起始年为 1561 年；而六盘山—祁连山地震带西部地区和青藏地震区青藏高原北部地震亚区的柴达木-阿尔金地震带历史破坏性地震记录到民国时期才较为完整，其中 $M_s \geq 5$ 、 $M_s \geq 6$ 级地震资料基本完整的起始年为 1923 年， $M_s \geq 7$ 级地震资料基本完整的起始年为 1900 年。根据焦远碧、吴开统等（1990）的研究结果和甘肃省地震局 2005 年编著的《甘肃省地震监测志》，1989 年以来场址区域基本处于区域地震台网对 $ML \geq 4.0$ 级地震的有效监测范围之内。自嘉峪关无线遥测台网 1992 年 10 月建成以来基本处于区域地震台网对 $ML \geq 3.0$ 级地震的有效监测范围之内。“九五”数字化改造建设后现代地震台网对本工作区域范围内地震台网控制为 $ML \geq 2.0$ 级,不会漏记 3.0 级以上地震。因此，区域范围内 1992 年 10 月以来 3 级以上地震记录是可靠的。

2.6.2.3.2 区域地震目录

地震目录分为两个部分：①破坏性地震目录，包括区域内迄今所有能记载到的、由历史文献记载确定的或由地震台网记录到的 $M \geq 4.7$ 级的地震。②现代小震目录，包括区域台网所记录到的小地震，起始时间自 1970 年，震级为 $4.6 \geq M \geq 1.0$ 级。区域范围内共记录到破坏性地震（ $M_s \geq 4.7$ 级）20 次(含余震)，其中 4.7-4.9 级地震 4 次、5.0-5.9 级地震 10 次、6.0-6.9 级地震 2 次、7.0-7.9 级地震 4 次、无 8.0 级以上地震，最大地震为公元 1932 年 12 月 25 日甘肃玉门昌马 7.6 级地震（表 2.6-2）。区域内破坏性地震震级档的地震次数见

表 2.6-3。

1970 年以来至 2011 年 12 月共记载 M_L 1.0~4.9 级地震 3945 次，其中 $1.0 \leq M_L < 2.0$ 级地震 1138 次； $2.0 \leq M_L < 3.0$ 级地震 2363 次； $3.0 \leq M_L < 4.0$ 级地震 388 次； $4.0 \leq M_L < 5.0$ 级地震 56 次。小震次数较多，不以表格形式给出。

表 2.6-2 区域范破坏性地震目录 ($M_s \geq 4.7$ 级，公元 180 年~2012 年)

序号	发震时间			震中位置			精度	震中烈度	震级 (M_s)
	年	月	日	经度 ($^{\circ}$)	纬度 ($^{\circ}$)	参考地名			
1	180			99.3	39.6	甘肃肃南明海一带 (原表氏地震)	2	IX	7
2	756	1 2	1	99.9	39.8	甘肃高台罗城一带	4	IX- X	7
3	1560	8	7	99.7	39.5	甘肃高台附近	4		5
4	1609	7	12	99	39.2	甘肃酒泉红崖堡	3	X	7
5	1699			99.5	39.8	甘肃高台西北	2	VI- VII	5
6	1785	4	18	97.9	39.9	甘肃玉门惠回堡	3	IX	6
7	1832	8		96.8	39.9	甘肃玉门昌马	2	VII	5
8	1917			99.8	39.4	甘肃高台		VI	4
9	1932	1 2	25	96.7	39.7	甘肃玉门昌马	2	X	7.6
10	1933	1	17	97	40	甘肃玉门昌马一带			5
11	1941	4	19	97	39.1	青海脑各扎北	2		6
12	1947	3	27	98	39	青海尕河北			5
13	1956	1 0	27	99	39.6	甘肃酒泉东南	2		4
14	1962	8	1	98.6	39.2	青海祁连山	2		5.4
15	1988	1 2	26	100.03	39.07	青海祁连西北	1		4.9
16	1989	9	21	97.18	39.16	甘肃肃北东	1	V	4.9
17	1992	1	12	98.3	39.7	甘肃嘉峪关、酒泉间			5.4
18	2001	7	11	98	39.2	甘肃肃南			5.3
19	2002	1 2	14	97.3	39.8	甘肃玉门		VII	5.9
20	2012	5	3	98.6	40.6	甘肃金塔、额济纳旗 交界			5.4

表 2.6-3 区域范围内历史破坏性地震次数统计表

震级分档	4.7-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9
地震次数	4	10	2	4	0

2.6.2.3.3 区域地震空间分布特征

(1) 地震的地理分布

区域破坏性地震震中分布图（图 2.6-5）显示，区域地震活动水平相对较高，且分布极不均匀，大部分破坏性地震主要集中发生在区域南部偏中西的高台-玉门一带、区域中北部地区仅记录到 1 次破坏性地震。在区域南部偏东的高台等地地震活动相对较强，历史上多次发生破坏性地震，最大地震为公元 1609 年甘肃酒泉红崖堡 7 $\frac{1}{4}$ 级地震；在嘉峪关-玉门昌马一带历史上也多次发生破坏性地震，最大地震为公元 1932 年甘肃玉门昌马 7.6 级地震；此外在酒泉、青海祁连等地均有 5-6 级地震记载。总体观察，以北纬 40° 线为界，在区域北部地区地震活动明显弱于区域南部地区。

场址近区域范围内记录到 1 次破坏性地震，为 2012 年 5 月 3 日甘肃金塔、内蒙古额济纳旗交界 5.3 级地震，距离场址约为 31km。

图 2.6-6 为区域仪器记录小震震中分布图（ML1.0-4.9 级）。1970 年以来至 2012 年 6 月共记录 ML1.0~4.9 级地震 3945 次，其中 $1.0 \leq ML < 2.0$ 级地震 1138 次； $2.0 \leq ML < 3.0$ 级地震 2363 次； $3.0 \leq ML < 4.0$ 级地震 388 次； $4.0 \leq ML < 5.0$ 级地震 56 次。1970 年以来地震观测结果表明，区域现代小震活动相对较多，且分布极不均匀，仪器记录地震与历史破坏性地震活动的空间分布特征总体较为相似，区域南部的地震活动明显强于中北部；在玉门西南一带小震丛集现象较为明显，同时在区域东南部高台附近也有少量小震集中现象。总体观察，以北纬 40° 线为界，区域南部的小震活动明显强于中北部，在区域西南部玉门西南一带小震丛集现象较为明显，同时在区域东南部高台附近也有少量小震集中现象。

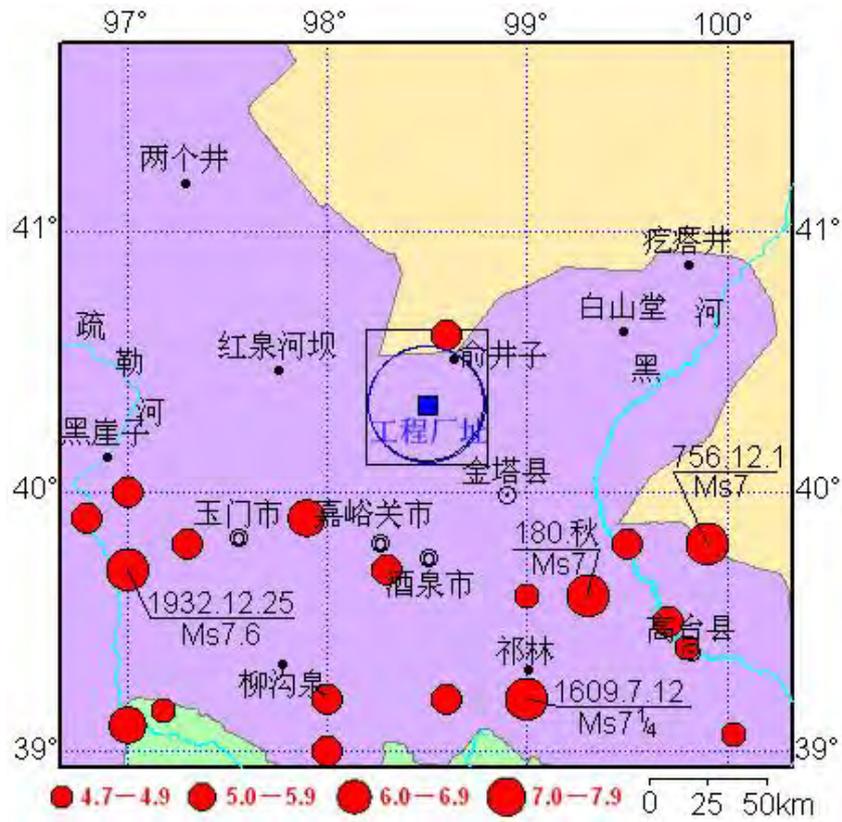


图 2.6-5 区域破坏性地震震中分布图（方框为近区域范围）

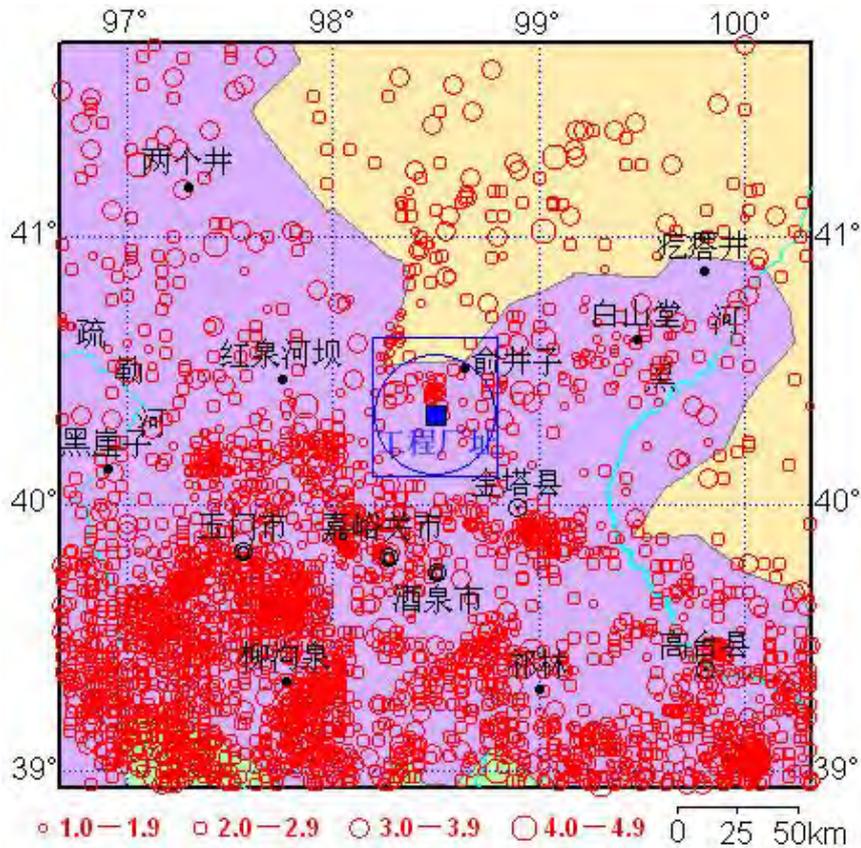


图 2.6-6 区域仪器记录小震震中分布图（方框为近区域范围）

(2) 震源深度分布

场址区域内仪器记录地震原有震源深度的地震数为 2941 个，满足定位条件参与重新精定位的地震数为 2186 个。图 2.6-7 为区域内精定位前后地震震源深度分布直方图。表 2.6-4 列出了区域内仪器原有记录和重新精定位后的地震震源深度分布统计表。从图 2.1-15 和表 2.6-4 中可以看出，仪器原有记录震源深度与精定位后震源深度分布总体较为相似。仪器原有记录震源深度在 1~19km 之间的地震（1812 次）约占原有总记录深度地震数（2186）的 82.9%，优势分布为 1~14km（约占原有总记录深度地震数的 71.7%），精定位后震源深度在 1~19km 之间的地震（2360 次）约占总定位地震数（2941）的 80.2%，优势分布为 10~19km（约占总定位地震数的 61.3%）。仪器原有记录震源深度与精定位后震源深度统计结果表明，绝大部分地震震源发生在 19km 深度以上，只有少数地震的深度大于 19km，基本上是在地壳中上层的浅源地震。

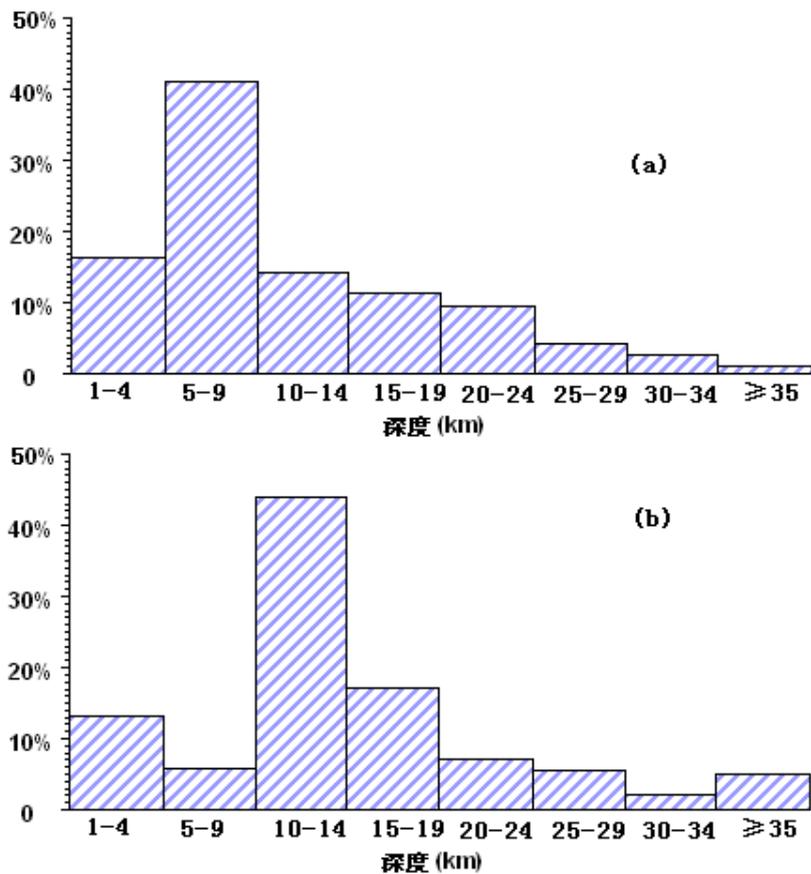


图 2.6-7 区域内地震震源深度分布直方图（a 为精定位前，b 为精定位后）

表 2.6-4 区域内地震震源深度分布统计表

震源深度(km)		1~4	5~9	10~14	15~19	20~24	25~29	30~34	≥35
仪器原有记录	地震数	358	901	308	245	206	87	59	22
	百分比(%)	16.4	41.2	14.1	11.2	9.5	4	2.7	1
重新精定位后	地震数	389	168	1296	507	208	165	62	146
	百分比(%)	13.2	5.7	44.1	17.2	7.1	5.6	2.1	5

2.6.2.3.4 历史地震对场址影响评价

区域内曾多次发生破坏性地震，其中以 180 年甘肃酒泉新墩子城 7 级地震、756 年 12 月 1 日高台西北罗城一带 7 级地震、1609 年红崖堡 7¼ 级地震和 1932 年 12 月 25 日甘肃玉门昌马 7.6 级地震和 2012 年 5 月 3 日甘肃金塔、内蒙额济纳旗交界 5.4 级地震等对场址影响最大，其最大影响烈度达 VI 度。另有几次大震影响烈度在 IV 度左右。历史地震对场址的影响见表 2.6-5，历史综合等震线图见图 2.6-8。

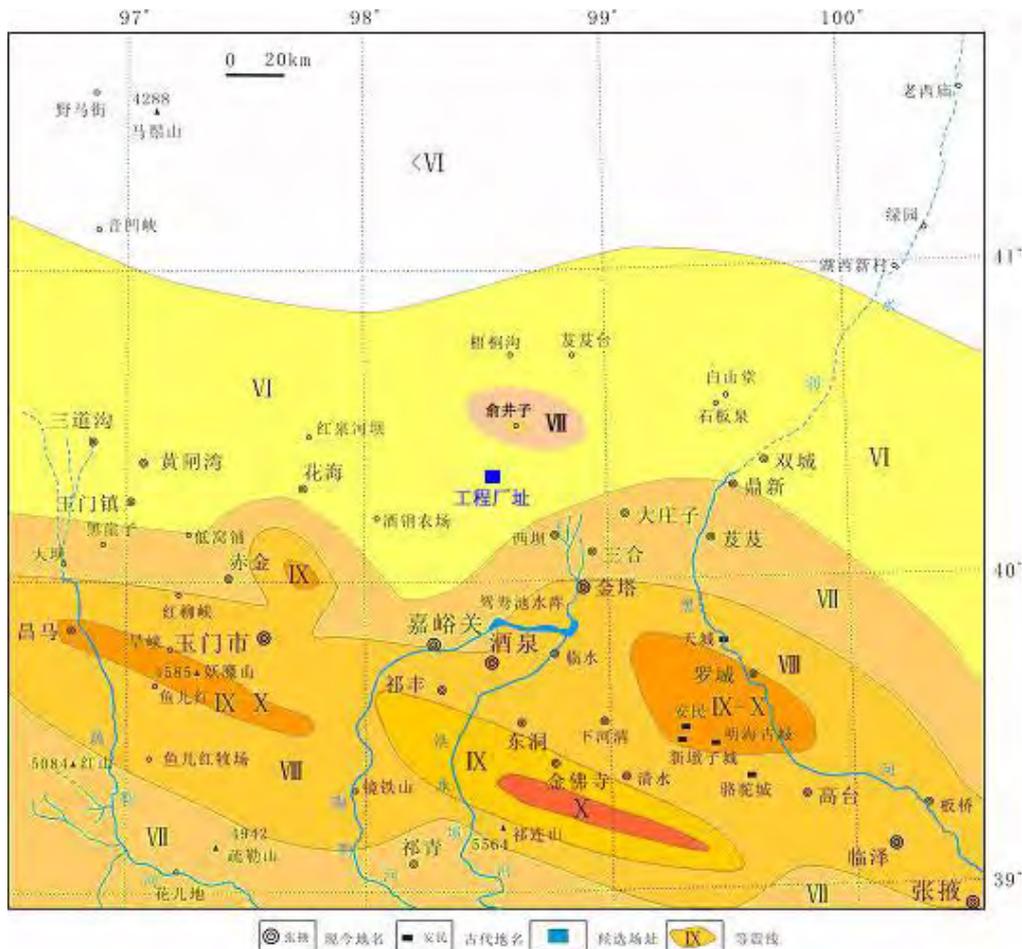


图 2.6-8 区域范围历史地震综合等震线图

表 2.6-5 区域范围内主要历史强震及对场址的影响

序号	发震日期、时间	震中位置	精度	震级	烈度	对场址的宏观影响烈度
1	180 年秋—181 年春东汉灵帝光和三年秋—四年春	甘肃酒泉新墩子城 39.6°, 99.3°	4	7	IX	VI
2	756.12.1 唐肃宗至德元年十一月辛亥朔（初一）	高台西北罗城一带 39.8°, 99.9°	4	7	IX—X	VI
3	1560 年 8 月 7 日明嘉靖三十九年七月初六	高台附近 39.5°, 99.7°	4	5		轻微
4	1609.7.12.23—01 时明万历三十七年六月辛酉（十二日）子时	红崖堡 39.2°, 99.0°	3	7	X	V
5	1699.秋清康熙三十八年秋	高台西北天城 39.8°, 99.5°	4	5	VI—VII	轻微
6	1785.4.18.17—18 时清乾隆五十年三月十日酉时	玉门火烧沟一带 39.9°, 97.9°	3	6	IX	V
7	1832.8 清道光十二年七月	甘肃玉门昌马 39.9°, 96.8°	2	5	VII	轻微
8	1917	高台 39.4°, 99.8°		4	VI	无影响
9	1932.12.25 10-04-27	甘肃玉门昌马 39.7°, 96.7°	2	7.6	X	V
10	1933.1.17 23—59—56	昌马一带 40.0°, 97.0°	5	5		无影响
11	1941.4.19 15—53—45	青海脑各扎北 39.1°97.0°	2	6		轻微
12	1947.3.27 00—23—10	青海尕河北 39.1°97.0°		5		无影响
13	1956.10.27 08—45—27	酒泉东 39.6°99.0°	2	4		无影响
14	1962.8.12 3—47—46	金佛寺南 39.2°, 98.6°	2	5.4		III
15	1988.12.26 15—45—59	青海祁连西北 39.07°100.03°	1	4.9		无影响
16	1989.9.21 00—21—58.1	玉门市西南 39.11°97.18°	1	4.9	V	无影响
17	1992.01.12 08—12—27.4	肃南祁丰区 39°45', 98°19', 3		5.4	VI	轻微
18	2001.7.11 05—41—3.8	肃南西祁青 39.2°, 98.°		5.3	VI	轻微
19	2002.12.14 21—27—28	玉门青西油田 39.8°, 97.3°		5.9	VII	IV
20	2012.5.3 18-19-35	甘肃金塔、额济纳旗交界 40.6°, 98.6°		5.4	VII	

2.6.2.3.5 地震活动环境评价

通过本节的论述，可以对区域地震环境做出如下评价：

（1）场址区域范围主要涉及青藏地震区青藏高原北部地震亚区

的六盘山—祁连山地震带和柴达木-阿尔金地震带，地震活动南强北弱；

(2) 区域范围内共记录到破坏性地震 ($M \geq 4.7$) 20 次，其中 5.0-5.9 级地震 13 次、6.0-6.9 级地震 3 次、7.0-7.9 级地震 2 次，最大地震为 1932 年甘肃玉门昌马 7.6 级地震；

(3) 历史破坏性地震的空间分布显示了明显的不均一性。除 1933 年安西 5¼ 级地震发生在场址西北，其余破坏性地震均发生在北纬 40° 线以南；

(4) 1970 年以来至 2011 年 12 月共记载 ML1.0~4.9 级地震 3945 次，其中 $1.0 \leq ML < 2.0$ 级地震 1138 次； $2.0 \leq ML < 3.0$ 级地震 2363 次； $3.0 \leq ML < 4.0$ 级地震 388 次； $4.0 \leq ML < 5.0$ 级地震 56 次；区域现代小震活动相对较多，且分布极不均匀，以北纬 40° 线为界，区域南部的小震活动明显强于中北部，在区域西南部玉门西南一带小震丛集现象较为明显，同时在区域东南部高台附近也有少量小震集中现象；

(5) 区内地震基本上是发生在地壳中上层的浅源地震，绝大部分地震震源发生在 19km 深度以上，只有少数地震的深度大于 19km，地震随深度增加逐渐变少，峰值区域在 10-14km 深度段；

(6) 场址曾遭受历史破坏性地震最大宏观影响烈度为 VI 度。

2.6.2.4 近区域地震地质特征

场址近区域范围是指场址周围半径不小于 25km 范围，考虑到 2012 年 5 月 3 日在场址中心东北发生过 Ms5.4 级地震，为了研究发震构造，将近区域范围适当扩大。场址的近区域范围为： $N40^{\circ}5'15'' \sim 40^{\circ}37'37''$ 、 $E98^{\circ}11'32'' \sim 98^{\circ}48'21''$ 。

2.6.2.4.1 地质构造背景

场址近区域在区域大地构造上属塔里木地台、北山褶皱带与阿拉善块体和祁连山褶皱系的交界带附近。东侧为华北地台阿拉善地块，南侧临近祁连山褶皱系北祁连褶皱带。场址位于北山古生代褶皱带南缘。

场址所属的塔里木板块在地质发展历程中，主要经历了迁西—

阜平期的原生地壳形成阶段、五台—吕梁期及晋宁期的陆块上第一次造山运动阶段、震旦—加里东期及华力西期的断块成生发展阶段、印支期—燕山期～喜山期压陷盆地形成演化几个阶段，在地史发展进程中，主要表现了由北向南不均一挤压背景中的垂直差异活动。早二叠纪末期的华力西运动，使塔里木—阿拉善及北山地区与中蒙大陆壳联为一体，从此开始了中生代陆相沉积和断块活动为主要特色的发展阶段，共同经历着剥蚀、夷平和准平原化的过程。

塔里木地台在华力西运动及印支运动后成为天山及昆仑山间的大型内陆盆地，并经历了中生代～早第三纪分割性断陷和晚第三纪断拗结合的演化过程。构造活动性表现为西强东弱、边缘强内部弱的特点，差异活动显著地区主要在盆地边缘深大断裂带上。

北山地区在早二叠纪前为东西向夹持于北部黑鹰山古陆与南部敦煌～阿拉善古陆之间的北山海，早二叠纪末期的北山运动使该区地层产生强烈褶皱而隆起，伴有华力西期大规模岩浆侵入和喷溢，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，北山、敦煌-阿拉善地区总体表现为稳定块体性质，剥蚀强度大于上升幅度，差异活动显著地带由北向南逐渐转移到走廊过渡带交接的块体边界深大活动断裂带上，即宽滩山、金塔南山、北大山、龙首山一线。场址近区域地壳则相对稳定。

2.6.2.4.2 新构造运动基本特征

(1) 地貌特征

场址近区域范围跨越塔里木板块北山古生代褶皱带、北山南缘海西裂陷槽与塔里木地台敦煌地块两个三级构造单元，两者在成生演化及构造运动历史上代表不同类型。因此，大致以构造单元边界为界，在区域南北部分别形成戈壁沙漠与低山丘陵两种完全不同的地貌景观。

① 低山丘陵区

位于场址近区域南部及西部盆地区，总体地势南高北低，中间高、东西两侧低，海拔高程在 1300-1220m 之间，地势比较平缓。东西两侧分别为金塔盆地和花海盆地两个第四纪沉降中心。盆地南北

两侧地面比较平整，为戈壁砂砾石层，冲沟切割浅，只有几公分至十几公分。盆地中间低洼处，主要为中更新世湖相沉积层，风化侵蚀成高度不等的残留台地，并形成连续成带的丛草沙堆。

② 戈壁沙漠区

位于场址近区域南部及西部盆地区，总体地势南高北低，中间高、东西两侧低，海拔高程在 1300-1220m 之间，地势比较平缓。东西两侧分别为金塔盆地和花海盆地两个第四纪沉降中心。盆地南北两侧地面比较平整，为戈壁砂砾石层，冲沟切割浅，只有几公分至十几公分。盆地中间低洼处，主要为中更新世湖相沉积层，风化侵蚀成高度不等的残留台地，并形成连续成带的丛草沙堆。

(2) 夷平面

自中生代晚期以来，场址近区域及附近地区地壳在隆升过程中周期性地出现过三次相对稳定阶段，从而夷平了由构造运动所创造的崎岖起伏的层状地形面。徐叔鹰应用年界法和相关沉积法确定了夷平面的年代，认为 I 级夷平面形成于中生代末期至早第三纪，于渐新世至中新世初期被抬升。II 级夷平面形成于晚第三纪，主要在上新世末期被抬升。III 级夷平面形成于早更新世至中更新世，于中更新世末期被抬升。由于上述三级夷平面都经受了后期构造运动而发生变形和变位，使同级夷平面因发生掀升，拱曲和断裂而处于不同高程上。各级夷平面的相对高差，则代表了不同地段的上升强度。图 2.6-9 给出了场址近区域范围地势南北向分布图，从图中可以看出，场地南部戈壁平原区地势连续平坦，北部北山地区地势总体表现为北高南低，并明显呈现 3 个不同的高度层次，每一层次大致代表该地区的 I、II、III 级剥夷面。

(3) 第四系

近区域范围内第四纪地层广泛分布，分布面积占近场区面积的一半以上，包括中、晚更新世和全新世地层，按照成因可分为洪积、湖积、冲洪积、冲积、风积及沼泽等沉积物。

表 2.6-6 近区域断裂活动特征一览表

断层编号	断层名称	近区域长度/km	产状	断裂性质	最新活动时代	主要依据
F ₁	神螺山断裂	<1	320°∠85°	挤压逆冲	AnQ	断裂地貌不明显，断层破碎带内角砾岩和碎裂岩均胶结好，坚硬
F ₂	马山南东断层	6.2	290°∠80°	挤压逆冲	Q ₁₋₂	线性构造明显，地貌上有断层沟槽
F ₃	神螺山南—野马井断层	30.5	N50°W/SW ∠79°	挤压逆冲	Q ₁₋₂	有地貌显示，冲沟T3级台地未动
F ₄	玉石山断层	5.5	210°∠65°	挤压逆冲	AnQ	断裂地貌不明显
F ₅	骆咀子南断层	22.7	N75°W/NE ∠35°	挤压逆冲	AnQ	呈弧形，大致形成Ⅱ、Ⅲ级夷平面边界，低倾角
F ₆	俞井子断层	11.1	N60°W/NE ∠65°	挤压逆冲	AnQ	碎裂岩带为灰绿色，表面风化，内部坚硬致密。
F ₇	俞井子-俄博庙逆断层	17	N60°W/NE ∠65°	右旋挤压	AnQ	Ⅲ级夷平面未动，地貌显示不明显，发育碎裂岩
F ₈	大石头泉-东铅炉子北断层	30	N63°W/SW ∠72°	左旋	AnQ	地貌显示不清，未切穿中生代以来的地层
F ₉	外山口西断层组	2-4.5		挤压逆冲	AnQ	断层两侧山体连续，没有地貌高差。断层冲沟宽缓，为冲洪积层及风积砂所覆盖，没有微地貌显示
F ₁₀	西铅炉子西南平移断层组	1.7-8.7	65°∠70°	挤压逆冲	AnQ	断层两侧Ⅱ级夷平面连续，没有断错迹象。
F ₁₁	穿山驯北断层	12.3	190°∠80°	左旋	AnQ	破碎带内岩石胶结好，坚硬
F ₁₂	营盘大墩北平移断层组	1.7-7	近东西走向	左旋	AnQ	沿断层成大沟，Ⅱ级夷平面未动
F ₁₃	穿山驯北东向平推断层	11.5	N82°E/NW ∠86°	左旋	AnQ	地貌显示不清，Ⅲ级夷平面未动，顺断层成宽缓大沟
F ₁₄	穿山驯断层	20	WE/N ∠82°	逆冲兼走滑	Q ₁₋₂	有一定地貌显示，卫星影像线性清晰，发育糜棱岩，顺断层产铁矿，但未见断层错动新地层及新活动的迹象
F ₁₅	穿山驯北西向断层	12.7	200°∠80°	挤压逆冲	AnQ	断层破碎带内物质胶结好，坚硬。
F ₁₆	墩墩山南西断层	5	N60°W/SW ∠75°	平移	AnQ	断层为宽约2m的糜棱岩和宽约3m的碎裂岩相间，表面风化成细粒砂状

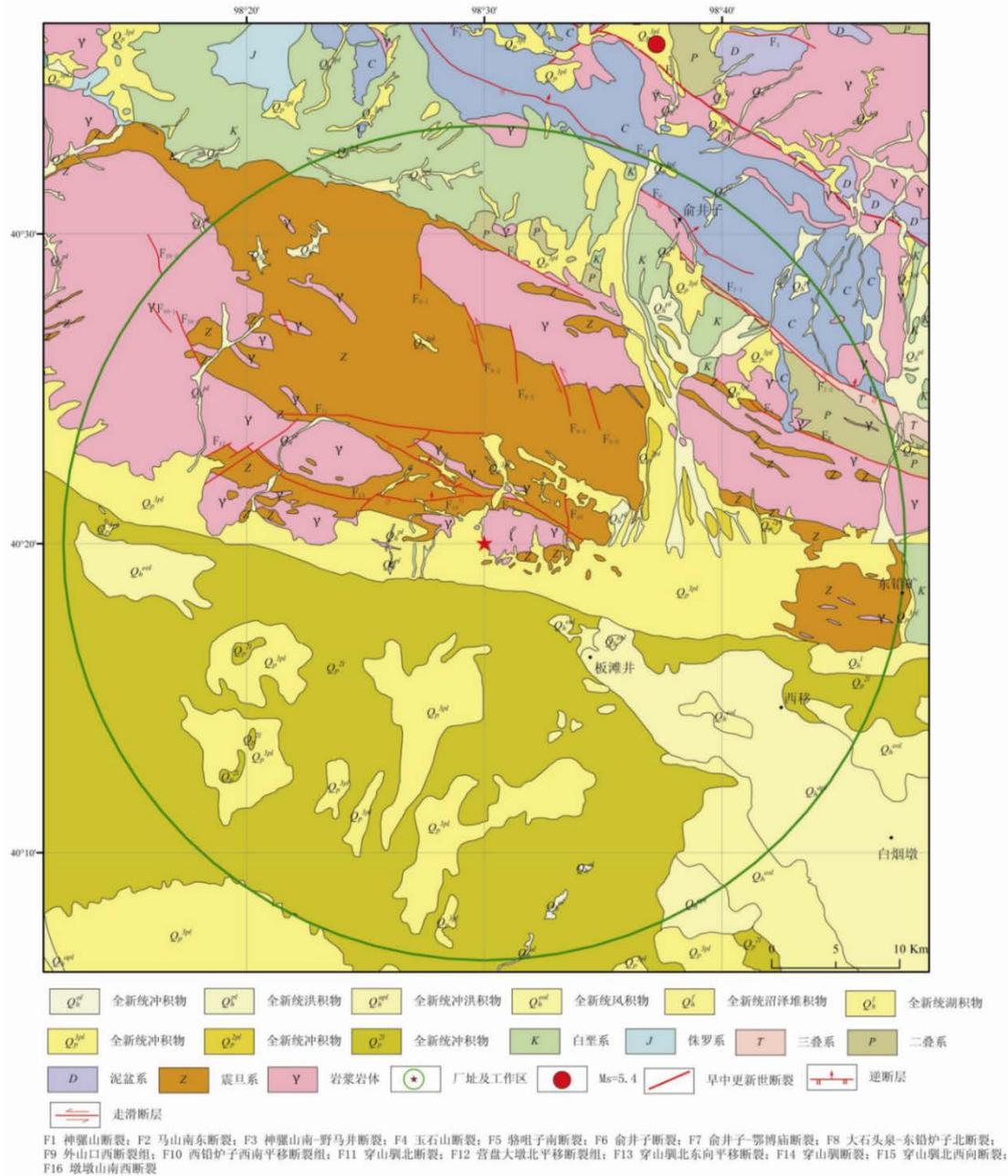


图 2.6-10 近区域范围地震地质图

2.6.2.4.4 地震活动性

场址近区域地处地震活动相对较弱的金塔北山南缘。历史上记录到 1 次破坏性地震，为 2012 年 5 月 3 日甘肃金塔、内蒙古额济纳旗交界 5.4 级地震，距离工程场址约为 31km。据甘肃省地震现场工作队考察结果，对工程场址的影响烈度达 VI 度。

1970 年至 2012 年 6 月 30 日以来仪器记录小震相对较少，共记录到 ML1.0-4.9 级地震 137 次，其中 ML1.0-1.9 级地震 89 次、

ML2.0-2.9 级地震 42 次；ML3.0-3.9 级地震 4 次；ML4.0-4.9 级地震 2 次；最大地震为 4.3 级。场址近区域地震目录见表 2.6-7。

表 2.6-8 列出了场址近区域内 $3.0 \leq ML < 6.0$ 级地震目录及进行了重新精定位的相关定位结果。图 2.6-11 为近区域强震与小震精确定位前(后)震中分布图。从小震精确定位前后来看，大部分地震仍主要集中在工程场址近区域的北部，其中东北部刚发生了 2012 年 5 月 3 日甘肃金塔、内蒙古额济纳旗交界 5.3 级地震及其余震，在中南部只记录到少量小震。

在 137 次地震中仪器原有记录震源深度数据的有 84 次，近区域范围内参与重新精定位及精确定位后在近区域范围内的地震数为 90 次。场址近区域范围内记载历史破坏性地震仅 1 次 ($M_s \geq 4.7$ 级)，现代仪器记录小震也较少。总体来讲，场址近区域地震活动相对较弱。

表 2.6-7 场址近区域地震目录 (ML \geq 3.0 1970.1-2016.3)

序号	发震时间			经度(°)		纬度(°)		震源深度(km)		震级 M_L
	年	月	日	定位前	定位后	定位前	定位后	定位前	定位后	
1	2004	12	7	98.3	98.28	40.42	40.44	18	11	4
2	2012	5	3	98.6	98.64	40.6	40.59	8	12	5.4(M_s)
3	2012	5	3	98.62	98.66	40.62	40.61	7	18	4.3
4	2012	5	3	98.6	98.64	40.62	40.59	9	13	3.5
5	2012	5	4	98.58	98.63	40.62	40.6	7	13	3.1
6	2012	5	4	98.62	98.64	40.62	40.66	6	17	3.4
7	2012	5	7	98.58	98.64	40.6	40.65	6	15	3.4
8	2016	3	21	/	98.22	/	40.27	/	20	4.7

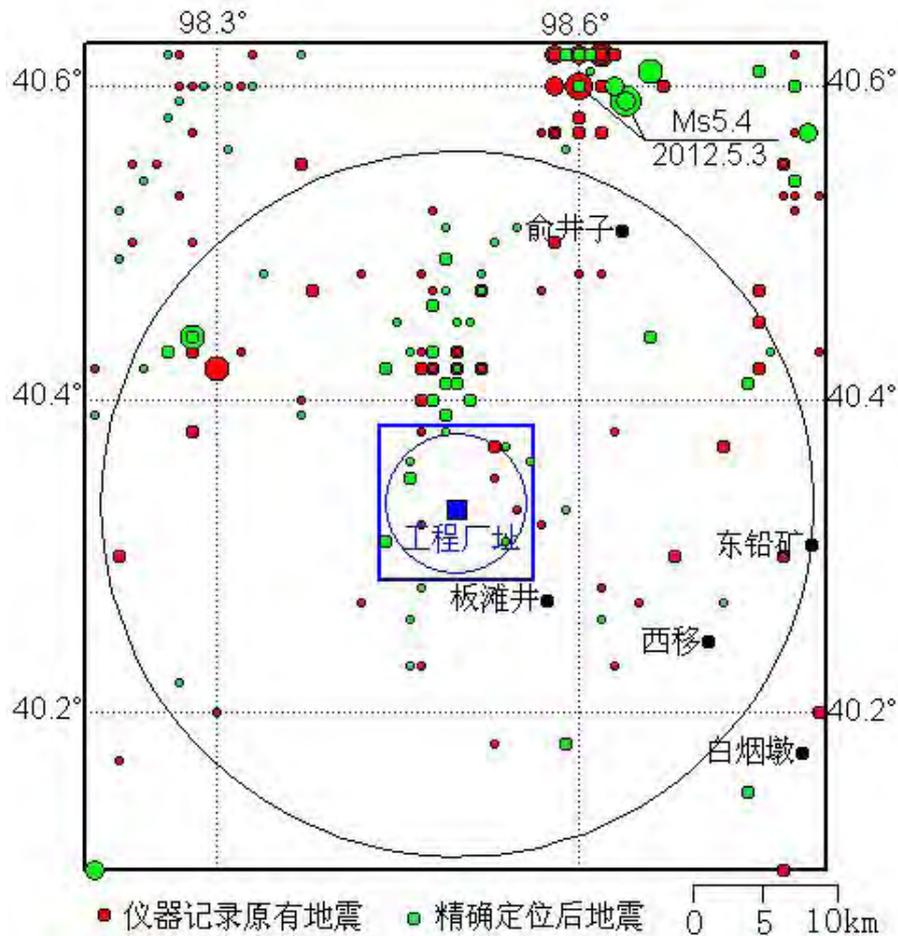


图 2.6-11 场址近区域强震与小震精确定位前(后)震中分布图

表 2.6-8 场址 5km 范围内精定位前后地震目录 (ML \geq 1.0 1970.1-2012.6)

序号	发震时间			经度(°)		纬度(°)		震源深度(km)		震级 M _L	与场址最近距离(km)	
	年	月	日	定位前	定位后	定位前	定位后	定位前	定位后		定位前	定位后
1	2009	4	11		98.44		40.31		10	2		5.5
2	2009	4	25		98.46		40.35		13	2.1		4.1
3	2001	2	13	98.47		40.38		0		1	6.2	
4	2001	2	13	98.47		40.38		0		1.4	6.2	
5	2001	7	20	98.47		40.38		0		1	6.2	
6	2001	7	20	98.47		40.38		0		1	6.2	
7	2001	7	22	98.47		40.38		0		1	6.2	
8	2002	6	20	98.47		40.38		0		1.2	6.2	
9	2011	1	2	98.53		40.37		5		2.1	5.1	
10	2011	5	21		98.49		40.38		12	1.7		5.6
11	2011	6	1		98.46		40.36		9	1.5		4.8
12	2011	6	11	98.55	98.56	40.33	40.36	6	13	1.7	4.2	6.1
13	2011	6	25		98.54		40.37		18	1.7		5.5
14	2011	6	29	98.53	98.54	40.35	40.31	6	8	1.2	3.4	4.1
15	2011	9	10	98.47		40.32		7		1.3	2.9	

2.6.2.5 场址附近范围地质特征

场址附近 5km 范围及边界涉及 3 条断层，分别为穿山驯断层 (F14)、穿山驯北西向断层 (F15) 和墩墩山南西断层 (F16)，外围无指向场址的活动断裂。根据现场调查和研究，穿山驯断层 (F14) 东段可能有过早第四纪活动，活动段长度 6km；穿山驯北西向断层 (F15) 和墩墩山南西断层 (F16) 在第四纪已停止活动，为前第四纪断层。这 3 条断层均不属于能动断层。

2.6.3 工程地质

2.6.3.1 地层岩性

根据岩土工程勘察成果，并结合近区域地质资料，拟建场区地层岩性主要由第四系上更新统洪积和奥陶—志留系沉积岩、变质岩组成，由新至老地层依次为：

(1) 上更新统洪积 (Q_3^{pl})

②层砾砂夹角砾：黄褐色，密实，主要成分为黑云母、长石、石英，含 20%~35%砾石，砾石成分主要为变质石英砂岩和变质泥岩碎块，粒径 0.5~5cm，磨圆度差，分选差；局部砾石含量较高，表现为角砾。该层分布厚度 0.50~7.80m，层顶高程 1261.52~1265.79m。

(2) 奥陶—志留系 (O-S)

④1 层强风化大理岩 (O-S) 1：灰白色，浅肉红色，鳞片状-粒状变晶结构，碎屑状构造，层状构造，碎屑状构造，层状构造，主要矿物成分方解石、石英和绢云母等。结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进，岩芯多呈碎块状，该层分布厚度 0.10~4.90m，层顶高程 1256.88~1259.44m，层顶埋深 5.20~7.40m。

④2 层中等风化大理岩 (O-S) 1：灰白色，浅肉红色，鳞片状-粒状变晶结构，碎屑状构造，层状构造，主要矿物成分方解石、石英和绢云母等。结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，岩石破碎，岩芯多呈短柱状和

少量碎块状，该层分布厚度 0.20~3.00m，层顶高程 1252.97~1259.14m，层顶埋深 5.50~10.60m。

④3 层微风化大理岩 (O-S) 1: 灰白色，浅肉红色，鳞片状-粒状变晶结构，碎屑状构造，层状构造，主要矿物成分方解石、石英和绢云母等。结构基本未变，节理面有渲染，少量风化裂隙发育。岩石较完整~较破碎，岩芯多呈短柱状和碎块状，该层未揭穿，最大揭露厚度 24.00m，层顶高程 1252.57~1258.64m，层顶埋深 6.00~11.00m。

⑤1 层强风化变质石英砂岩 (O-S) 1: 灰白色，细粒粒状变晶结构，块状构造。主要矿物成分为石英、方解石和绢云母等。结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进，岩芯多呈碎块状，该层分布厚度 0.10~17.80m，层顶高程 1256.44~1263.30m，层顶埋深 0.50~7.80m。

⑤2 层中等风化变质石英砂岩 (O-S) 1: 灰白色，细粒粒状变晶结构，块状构造。主要矿物成分为石英、方解石和绢云母等。结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，岩石破碎，岩芯多呈碎块状，少量短柱状，该层分布厚度 0.20~8.20m，层顶高程 1253.38~1263.00m，层顶埋深 1.00~11.50m。

⑤3 层微风化变质石英砂岩 (O-S) 1: 灰白色，细粒粒状变晶结构，块状构造。主要矿物成分为石英、方解石和绢云母等。结构基本未变，节理面有渲染，少量风化裂隙发育。岩石较完整~较破碎，岩芯多呈短柱状和碎块状，该层未揭穿，最大揭露厚度 59.80m，层顶高程 1252.38~1262.24m，层顶埋深 1.80~12.50m。

⑥0 层全风化变质泥岩 (O-S) 1: 棕黄色，结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进，岩石基本风化呈砂土状，该层仅在场子东南部 CK14 和 CK15 号钻孔揭露，钻孔揭露厚度 0.90~1.40m，层顶高程 1255.67~1257.58m，层顶埋深 6.10~7.50m。

⑥1 层强风化变质泥岩 (O-S) 1: 灰色，浅褐红色，深灰色，

细粒鳞片粒状变晶结构，变余层状构造，千枚状构造。主要矿物成分由绢云母、石英和方解石等组成。结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进，岩芯多呈碎块状，该层分布厚度 0.20~45.00m，层顶高程 1255.30~1260.00m，层顶埋深 3.20~7.80m。

⑥2 层中等风化变质泥岩 (O-S) 1: 灰色，浅褐红色，深灰色，细粒鳞片粒状变晶结构，变余层状构造，千枚状构造。主要矿物成分由绢云母、石英和方解石等组成。结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，岩石破碎，岩芯多呈碎块状，少量短柱状，根据可研阶段勘察成果，变质泥岩片理比较发育，产状一般为走向 NE288°~327°、倾向 NE 为主、倾角 68°~87°。该层分布厚度 0.20~5.50m，层顶高程 1213.68~1259.50m，层顶埋深 4.20~51.00m。

⑥3 层微风化变质泥岩 (O-S) 1: 灰色，浅褐红色，深灰色，细粒鳞片粒状变晶结构，变余层状构造，千枚状构造。主要矿物成分由绢云母、石英和方解石等组成。结构基本未变，节理面有渲染，少量风化裂隙发育。岩石较完整~较破碎，岩芯多呈短柱状和碎块状，根据可研阶段勘察成果，变质泥岩片理比较发育，产状一般为走向 NE288°~327°、倾向 NE 为主、倾角 68°~87°。该层未揭穿，最大揭露厚度 68.90m，层顶高程 1213.48~1258.50m，层顶埋深 5.00~51.20m。

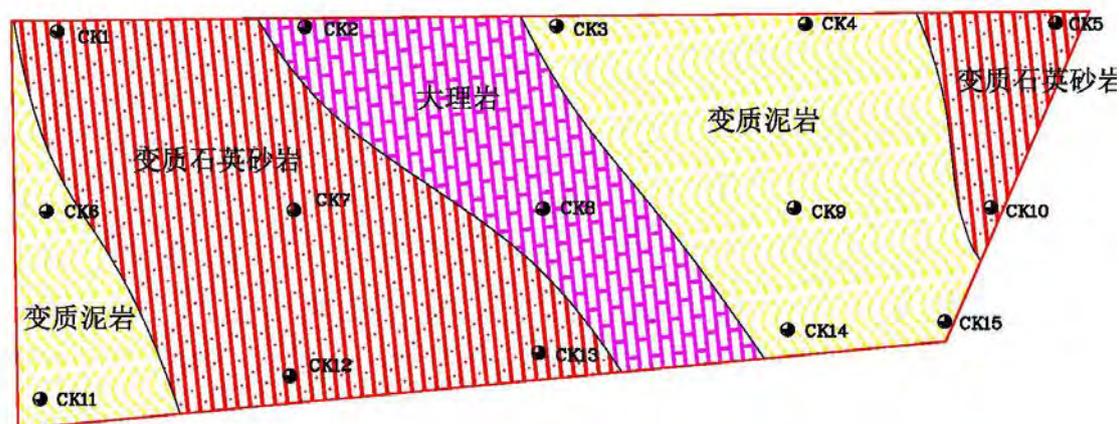


图 2.6-13 场区岩层分布范围图

2.6.3.2 不良地质条件

根据勘察，除局部大理岩表层发现少量溶蚀现象外，未发现地面沉降、采空区、滑坡、危岩和崩塌等不良地质作用，场址区内地表发育有小冲沟，但冲沟坡度平缓，均为洪期地表水径流而成，场址区所在的地区常年干旱少雨，未发现泥石流和大型溶蚀现象等地质灾害。

2.6.3.3 工程地震条件

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)及《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)，场址区所在的区域地震基本烈度为Ⅶ度，Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度 0.10g，反应谱特征周期 0.40s，设计地震分组为第二组。

按照《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第 4.1.6 条规定，场址建筑场地类别为Ⅱ类。可不考虑地基土液化问题。

场址区未发现软土，可不考虑软土震陷影响。

场址主要建(构)筑物场地大部分地段为中密~密实的砾砂夹角砾，无软弱土层、液化土层，不存在条状突出的山嘴和高耸孤立的山丘，地形平坦开阔，因此，场址建筑抗震地段可划分为对建筑抗震有利地段。

2.6.3.4 岩土工程分析与评价

2.6.3.4.1 场地稳定性

拟建场区范围内不存在断裂构造，亦未发现挤压破碎带及大型的节理密集带。

场地内无滑坡、泥石流、地面沉降、地裂缝、采空区等不良地质作用与地质灾害，在场地内及附近范围无可供开采的矿产资源，也没有影响场地稳定性的人类活动。

综上所述，拟建场地是稳定的，适宜处置场建设。

2.6.3.4.2 地基均匀性

根据已有勘察资料，处置单元区所在地段覆盖层厚度 0.80~6.40m，强风化埋深在 2.00~8.10m。根据初步设计方案，低放废物处置单元高度为 10m，底板厚度 1.0m，拟采用筏板基础，考虑到拟建建筑的重要性，后续基础持力层将采用中等~微风化岩体，按照已有工程经验，中等~微风化岩体的地基承载力远超过设计基底荷载压力；地基岩体无临空面，没有可导致倾覆、滑移的连续软弱结构面或软弱夹层。地基是均匀稳定的。

2.7 小结

综合本章各节分析，场址的地震地质、工程地质、水文地质、工程水文和气象条件对于建设处置场不存在颠覆性影响；场址周边人口分布、社会经济状况、基础设施条件、交通运输等对于建设处置场无不利影响。

场址适宜建设低放废物处置场。

第三章 处置场

3.1 处置对象

3.1.1 处置范围和规模

龙和处置场总规划处置容量 100 万 m³，分期规划，一期工程规划 24 万 m³，分阶段建设，一期一阶段建设处置容量 4 万 m³，共 20 个处置单元，处置能力设计为 4000m³/a。

3.1.2 处置源项

龙和处置场主要接收处置来自全国范围内核电厂和其他领域产生的低水平放射性固体废物。其中一期一阶段工程主要接收核电运行阶段废物。

3.1.2.1 低放废物的来源

(1) 核电运行产生的可燃废物

龙和处置场接收的核电运行废物包括可燃废物焚烧灰水泥固定废物，其他水泥固化/固定废物。

根据相关资料，核电运行阶段产生的低放废物中可燃废物占比约为 40%，经过焚烧后体积减容至原体积的 1/50，初步整备工艺为将焚烧灰封装于 200L 钢桶，进行超压后装入 400L 桶内并水泥固定，焚烧灰水泥固定废物源项特征见表 3.1-1。

表 3.1-1 焚烧灰废物源项特征

核素	单个废物包核素活度浓度平均值 (Bq/kg)	废物包核素 活度比例
Co-60	2.39E+06	20.12%
Cs-137	3.77E+05	3.17%
Mn-54	1.49E+05	1.25%
Fe-59	7.17E+04	0.60%
Nb-95	4.59E+06	38.64%
Zr-95	3.01E+06	25.31%
Sb-124	1.71E+05	1.44%
Sb-125	7.39E+05	6.22%
Ag-110m	3.86E+05	3.25%

*假设焚烧后 99%放射性核素留在焚烧灰中。

(2) 核电运行产生的水泥固化/固定废物

对于除焚烧灰外的其他水泥固化/固定废物，目前我国已商运 47 台机组，除秦山第三核电厂 1、2 号机组为重水堆外，其他在运机组均为压水堆类型，参考典型压水堆机组废物源项特征对该类废物核素组成进行确定。其中表面剂量率小于 2mSv/h 的废物，根据收集到的压水堆核电厂（宁德核电 1-4 号机组）实际运行中产生的低表面剂量率废物源项进行统计，得核素组成及比活度见表 3.1-2。

表 3.1-2 表面剂量率小于 2mSv/h 的核电水泥固化/固定废物源项特征

核素	核素比活度占比	单个废物包比活 (Bq/kg)
Cr-51	7.85%	7.70E+05
Mn-54	3.08%	3.02E+05
Co-58	3.74%	3.67E+05
Co-60	82.73%	8.11E+06
Ru-103	0.90%	8.84E+04
Cs-137	1.69%	1.66E+05

对于表面剂量率 2mSv/h~30mSv/h 的废物，出于保守考虑，依据华龙一号机组低放废物系统源项核素组成，按照暂存 5 年后 30mSv/h 表面剂量率反推水过滤器、阳床除盐器、混床除盐器核素比活度，并按照水过滤器废物体积：（阳床除盐器+混床除盐器）废物体积=11:4 进行确定，则表面剂量率 2mSv/h~30mSv/h 核电水泥固化/固定体废物源项特征见表 3.1-3。

表 3.1-3 表面剂量率 30mSv/h 核电水泥固化/固定体废物源项特征

核素	核素比活度占比	单个废物包比活度 (Bq/kg)
Mn-54	0.02%	1.84E+04
Co-60	57.01%	4.48E+07
Sr-90	0.01%	1.05E+04
Ag-110m	0.06%	4.39E+04
Cs-134	4.75%	3.73E+06
Cs-137	38.15%	3.00E+07

3.1.2.2 低放废物处置量

根据秦山核电基地和大亚湾核电基地等核电厂废物管理情况，初步测算出项目一期一阶段在仅接收全国核电已暂存的废物，并接收海南、江苏和山东省在运核电厂新产生的低放固体废物，每年接收的废物量见表 3.1-4。

表 3.1-4 一期一阶段接收部分核电厂废物年处置量

年份	拟处置量 (m ³)	200L 桶比例	400L 桶比例	HIC 比例	CD1 比例
2023 年	1460.06	56%	16%	2%	26%
2024 年	1460.06	56%	18%	2%	24%
2025 年	1500.59	54%	22%	2%	22%
2026 年	1541.12	54%	24%	2%	20%
2027 年	1581.65	52%	28%	4%	16%
2028-2029 年	3325.42	54%	30%	4%	12%
2030 年	1703.24	49%	35%	6%	10%
2031-2032 年	3487.54	44%	40%	8%	8%
2033-2036 年	2756.04	42%	42%	8%	8%
2037-2040 年	3242.40	42%	44%	8%	6%
2040-2060 年	18643.80	40%	48%	8%	4%

若处置场接收全国所有核电已暂存和运行期产生的低放固体废物，每年废物处置量及所占的比例见表 3.1-5。

表 3.1-5 一期一阶段接收全国核电厂废物年处置量

年份	拟处置量 (m ³)	200L 桶比例	400L 桶比例	HIC 比例	CD1 比例
2023 年	3478.45	56%	16%	2%	26%
2024 年	3559.51	55%	18%	2%	25%
2025 年	3640.57	54%	20%	2%	24%
2026 年	3843.22	52%	23%	2%	23%
2027 年	3883.75	50%	26%	3%	21%
2028 年	4045.87	48%	30%	4%	18%
2029 年	4207.99	46%	33%	5%	16%
2030 年	4248.52	44%	36%	6%	14%
2031 年	4289.05	42%	41%	6%	11%
2032 年	4289.05	40%	46%	6%	8%

3.1.2.3 低放废物主要核素活度

(2) 处置场一期一阶段处置活度

龙和处置场一期一阶段接收的废物放射性总活度约为 $9.83 \times 10^{15} \text{Bq}$ ，核素及活度信息见表 3.1-6。

表 3.1-6 处置场一期一阶段处置废物中核素活度及最大比活度

核素	合计 (Bq)	最大活度浓度 (Bq/kg)
H-3	2.28E+14	4.00E+10
C-14	3.72E+13	1.00E+07
Cr-51	4.84E+13	7.70E+05
Mn-54	2.09E+13	2.16E+06
Fe-59	8.58E+11	3.27E+05
Co-58	2.32E+13	3.67E+05
Co-60	9.42E+14	5.67E+08
Ni-63	2.99E+11	1.00E+09
Sr-90	3.19E+15	4.90E+08
Nb-95	5.50E+13	3.62E+07
Zr-95	3.63E+13	3.01E+06
Tc-99	8.83E+13	1.40E+06
Ru-103	5.57E+12	8.84E+04
Ag-110m	5.03E+12	4.63E+06
Sb-124	2.05E+12	1.81E+06
Sb-125	6.11E+13	4.02E+06
I-129	2.99E+08	1.00E+05
Cs-134	5.93E+13	3.73E+06
Cs-137	4.96E+15	1.00E+08
Ce-144	1.37E+12	2.08E+04
Pm-147	2.54E+12	3.85E+04
Sm-151	1.70E+13	2.57E+05
Eu-155	4.95E+13	7.52E+05
合计	9.83E+15	

3.1.3 废物接收准则

3.1.3.1 基本要求

处置场一期一阶段工程接收的低放固体废物包应满足《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》(GB 9132-2018)和《低、中水平放射性固体废物包安全标准》(GB 12711-2018)的相关要求。

3.1.3.2 放射性核素活度浓度要求

处置场一期一阶段只接收核电运行产生的低放固体废物,根据废物源项调查结果,一期一阶段废物中主要核素为裂变核素及活化产物,主要核素为 H-3、C-14、Co-60、Ni-63、Sr-90、Tc-99、I-129 和 Cs-137 等核素,基本不含铀及超铀核素,根据《放射性废物分类》(环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017 年第 65 号)和核电废物源项特征,一期一阶段废物浓度接收上限值见表 3.1-7。

表 3.1-7 低水平放射性废物活度浓度上限值

放射性核素	活度浓度 (Bq/kg)
C-14	1.0E+07
Ni-63	1.0E+09
Sr-90	4.9E+08
Tc-99	1.4E+07
I-129	1.0E+05
Cs-137	1.0E+08

注:其余放射性核素,活度浓度上限值为 4.0E+11

3.1.3.3 废物体形式要求

处置场一期一阶段工程可接收的低放固体废物是含有废物水泥固化体、固定废物体的合格废物包。对产生的特殊废物(如尺寸很大的构件和设备),只要其放射性核素种类与水平符合要求,对其进行特殊整备和包装后,经国家审管部门批准后可以接收并处置。

3.1.3.4 废物包表面剂量率限值

处置场一期一阶段工程拟接收处置的低放固体废物包最大表面剂量率不超过 30mSv/h。其中绝大部分废物包表面剂量率不超过 2mSv/h,只有少部分介于 2mSv/h-30mSv/h 之间。

3.1.3.5 废物包表面污染限值

废物包表面污染水平应低于表 3.1-8 所列限值。

表 3.1-8 废物包外表面的放射性污染水平限值

核素发射体类型	废物包外表面的放射性污染水平限值
β 、 γ 发射体、低毒性 α 发射体	4 Bq/cm ²
其它 α 发射体	0.4Bq/cm ²

3.2 处置场规划和平面布置

3.2.1 处置场规划及建设内容

龙和低放废物处置场总规划处置容量 100 万 m³，分期规划，一期工程规划 24 万 m³，分阶段建设，一期一阶段建设处置容量 4 万 m³，共 20 个处置单元。本项目主要新建内容有：综合办公楼、生产用车车库、低放废物接收与贮存厂房、供暖站、污水处理站、人员出入口和货运出入口等建筑、设备和设施。本项目主要建设内容如下表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 本工程主要建设项目一览表

序号	子项号	子项名称	建筑面积	占地面积
1	01	低放废物处置单元	-	-
2	02	综合办公楼	4356.06	953.39
3	03	低放废物接收与贮存厂房	7702.26	6582.90
4	04	生产用车库房	2046	2046
5	05	供暖站	399	399
6	06	污水处理站	365.7	365.7
7	09	(09-1) 人员出入口	231.42	231.42
		(09-2) 货运出入口	-	-

注：03 子项“低放废物接收及贮存厂房”单独做环评报告表，计划 2021 年底前建成，本报告。

3.2.2 总平面布置方案

场区设置 7 个子项，场区布置分为处置区、辅助建构筑物区和缓冲区。处置区主要包括低放废物处置单元（01）。辅助建构筑物区包括综合办公楼（02）、低放废物接收与贮存厂房（03）、生产用车

库房（04）、供暖站（05）、污水处理站（06）、人员出入口（09-1）、货运出入口（09-2）。缓冲区为处置单元与围墙之间的区域。

低放废物处置单元（01）布置在一期一阶段建设项目场地北侧，低放废物接收与贮存厂房（03）、生产用车库房（04）在低放废物处置单元（01）南侧布置。03、04 两子项顺列布置，以满足物料入场区后称量、接收、贮存等工艺要求，同时 03、04 两子项外墙均距离处置单元外壁 33m（直线距离，下同），靠近布置使工艺顺捷。03、04 外墙之间间距为 42.30m。

综合办公楼（02）、供暖站（05）、污水处理站(06)布置在场址正南侧及东南侧，综合办公楼（02）靠近场区人员出入口（09-1）。供暖站（05）、污水处理站（06）集中布置。同时预留扩建场地。

本工程场址北侧区域为控制区，分别布置了：低放废物接收与贮存厂房、低放废物处置区、极低放废物填埋区、极低放废物接收综合厂房（含汽车衡）、生产用车库房和货运出入口。其中极低放废物填埋区、极低放废物接收综合厂房（含汽车衡）为本项目内容。

本工程场址南侧区域为的非控制区，分别布置了：供暖站、综合办公楼、人员出入口、污水处理站。

场址地形标高 1249~1292m（1985 国家高程基准，下同），一期工程所在场地地形标高为 1260~1266m，综合考虑防洪、常年运行费用、土石方工程平衡等多种因素，设计标高暂定为 1262m；场址挖方量约为 3.2 万 m³，填方 6 万 m³。

一期一阶段建设处置单元与场地会产生边坡，在后续扩建过程中将逐步与场地形成新的人工边坡。按照防、排洪要求，在场址边界与自然地形衔接处设置截、排洪沟，在场址各区域分别设置雨排水管网或排水沟，使雨水有组织地收集并排除。场区布置分为处置区、辅助建构物区和缓冲区，具体子项布置将根据后续工程设计方案进行确定。

本工程场址规划总平面图如下图 3.2-1 所示。。

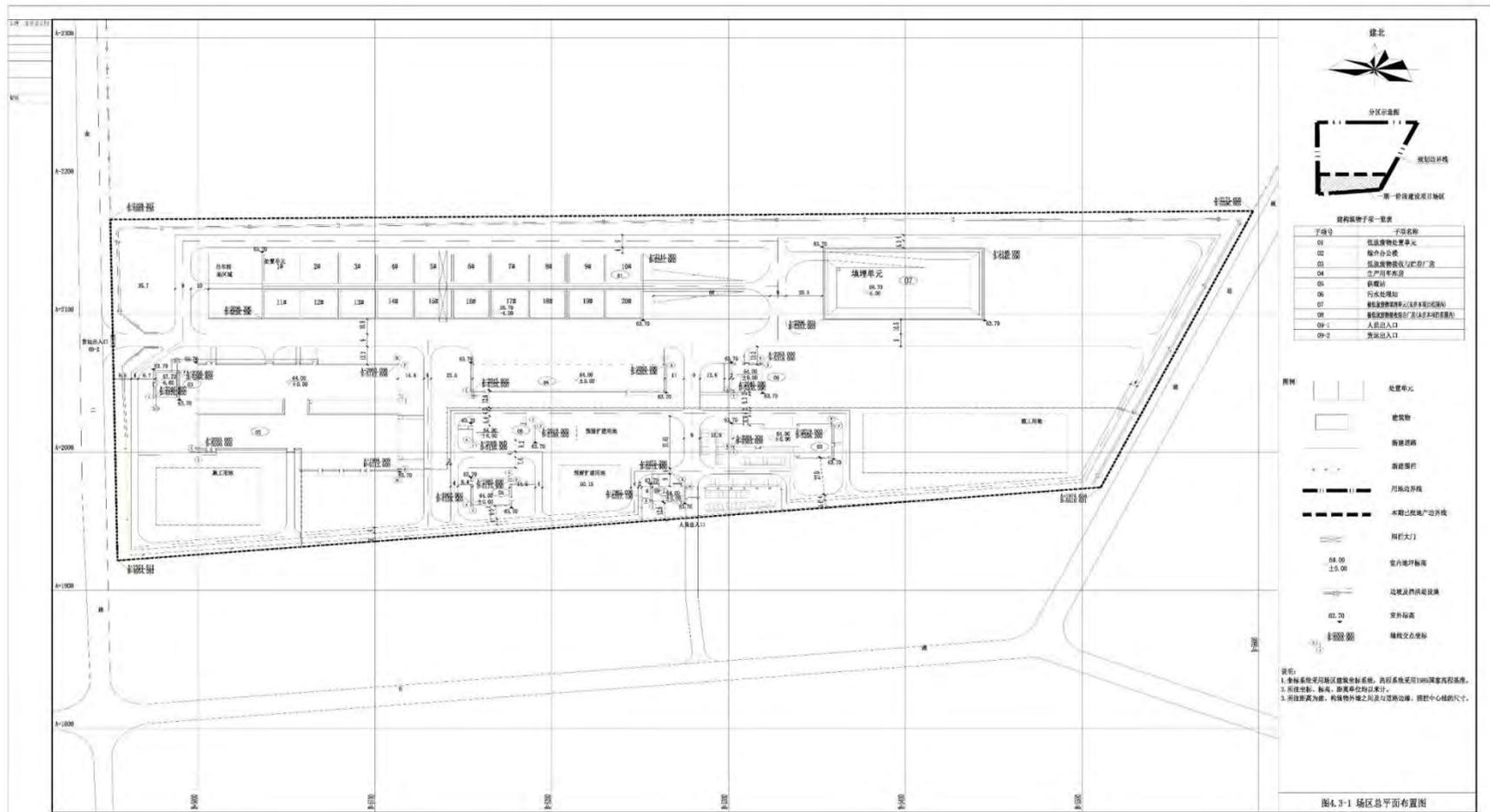


图 3.2-1 处置场平面布置图

3.2.3 竖向布置

一期一阶段建设项目所在场地地形标高为 1260-1266m，结合场地现状和周围道路的竖向条件，综合考虑雨排水、常年运行费用、土石方工程平衡等多种因素，场地平整标高为 1263.50m，室外散水标高为 1263.70m，均略高于周围场地及道路设计标高。

场地竖向采用平坡式布置。一期一阶段建设场地界与自然地形会产生边坡，与防洪措施结合设置，在后续扩建过程中将逐步与场地形成新的人工边坡。在处置单元东侧与场地衔接处将形成人工边坡或挡墙。

按照雨排水要求，在场址各区域分别设置雨排水管网，使雨水有组织地收集并排出。

3.2.4 实物保护

一期一阶段建设项目分为控制区和监督区，以围栏相隔，进出控制区人员需经过专门设计的出入口。低放废物处置单元（01）、低放废物接收与贮存厂房（03）、生产用车库房（04）等子项布置在控制区内。综合办公楼（02）、供暖站（05）、污水处理站(06)、人员出入口（09-1）布置在监督区内。控制区围墙在其北侧以围栏的形式设置，在东、西、南侧以围墙的形式设置。

本项目实物保护分级为三级，位于控制区围栏内。保卫值班室设置在人员出入口（09-1 子项）。实物保护系统包括出入口控制系统、视频监控系统、安保通信系统等子系统。

3.2.5 防排洪设计

场址附近区域地势总体趋势为北高南低，场址北侧山坡汇水面积约 203km²。针对暴雨山洪的防护，场区防洪标准按照 200 年一遇设计考虑。采用瞬时单位线法、推理公式法、水利水电工程经验公式法综合分析得到 200 年一遇设计暴雨工况条件下的山洪洪峰流量为 316m³/s。

为防御场址北侧暴雨山洪对场址造成的威胁，在一期工程场区东侧、北侧、西侧结合场地平整边坡设置防洪工程。场区防洪工程

总长约 995m，其中东侧防洪工程长约 215m，北侧防洪工程长约 630m，西侧防洪工程长约 150m，可保证场区不受小流域暴雨洪水影响。

3.2.6 交通运输规划

场内运输主要为设备材料备件以及低放废物等的运输，均采用道路运输方式。

道路采用环形布置，围绕场区进行布设车辆通行的环形道路，场内道路分为干路、支路、人行道、车间引道，根据运输车辆参数及运输要求，道路宽度有 4m、9m，满足车辆行驶要求，车间引道根据建筑物出入口尺寸确定。

上述部分干路、支路兼做消防道路，道路转弯半径大于 9m，道路净空大于 4.5m。布置满足交通运输及消防要求。

场址有人员、货运两个出入口，场区人员出入口（09-1）靠近综合办公楼（02）设置，方便人员进出场区。若人员通往低放废物接收与贮存厂房（03），则通过 03 子项东南角对应房间进入，保证人员更换衣服前后人流不交叉及人流与车流不交叉。场区货运出入口（09-2）位于场区西侧，靠近低放废物处置单元（01）、低放废物接收与贮存厂房（03）、生产用车库房（04）等子项，方便车辆进出，避免人、车流交叉。

道路结构层由下至上依次为 150mm 厚级配碎石底基层、200mm 厚 6%水泥稳定级配碎石基层、8mm 厚单层沥青表面处置以及 220mm 厚水泥混凝土面板。道路布置满足交通运输及消防要求。

3.3 处置场工程设计

3.3.1 处置场建设方案

3.3.1.1 建设方案

“半地下处置”是通过负挖式处置单元和采用数控吊车对废物包定位码放实现的。处置单元建造时先将地面负挖至-4.90m，之后浇筑 0.9m 的钢筋混凝土底板，处置单元内的底部标高为-4.00m，侧墙顶标高为+6.00m。数控吊车的轨道布置在处置单元侧墙外的

±0.00m 地面上（沿处置区长度方向）。废物转运车通过坡道进入处置区东西两侧的运输道路，之后穿过处置单元侧壁预留的通道行走至码放单元相邻的处置单元，该处置单元作为起吊区。处置吊车沿着轨道方向移动至起吊区抓取废物，然后通过伸缩套筒将废物下放到处置单元底部，吊车整个过程的抓取、定位码放由控制室数控操作。处置单元的处置顺序为由西向东进行处置，待每个单元码放满一定量的废物后进行水泥砂浆浇灌、养护，然后再接着码放，最终与+6.00 平面浇平。

3.3.1.2 多桶码放方案设计

处置场全年接收废物，在每年的处置期内集中处置，即处置场全年 200 天内均可接收送处废物，在每年的四月中旬至十月中旬 130 天内集中进行处置。处置场的年处置任务为 4000m³/a，以处置 400L 废物桶计算，即每年需要处置 400L 钢桶废物 10000 个，以每次处置四桶废物为一组计算，吊车需运行 2500 吊次。

“多桶码放”采用立式四桶码放方案，通过废物重新倒装来实现。处置场采用四桶吊具进行废物处置码放，要求进行处置的废物桶必须满足四桶抓具的抓取要求，比如桶之间的间距必须满足多桶吊具开合所需的尺寸要求、桶的排列样式满足多桶抓具的样式等。而实际送处来的桶类废物并不能与多桶抓具很好的配合，需要进行重新倒使之符合四桶抓具的抓取要求。废物桶的重新定位是依靠废物桶转运架来实现的，处置场预先准备有转运架，转运架上按照四桶抓具要求焊有钢桶定位箍，桶类废物立式四桶摆放在转运架的定位箍内重新定位，然后运至处置区由吊车四桶抓取码放，立式码放在处置单元内。

对于近距离的送处废物，由废物产生单位在装车时将废物桶装至处置场提供的转运架上送至处置场直接处置；对于远距离的送处废物，装在运输容器内运送至处置场的低放废物接收与贮存厂房内，由处置单位在废物接收与贮存厂房内重新倒装定位然后送至处置区处置或者在低放废物接收与贮存厂房内贮存。

3.3.1.3 处置单元设计

龙和低放废物处置场一期一阶段共建造 20 个处置单元，分南北两排建设，每排 10 个。

处置单元为半地下混凝土构筑物，地面负挖至-4.9m，之后浇筑 0.9m 的钢筋混凝土底板，处置单元内的底部标高为-4m，侧墙顶标高为+6m。每个处置单元内部尺寸长×宽×深暂定为 20 m×20 m×10 m。处置单元东西侧墙开口，开口处置单元为除 1#和 11#单元的其他处置单元，2#和 12#单元东侧墙开口，其他单元东西两侧均开口，便于转运车通过自东侧依次进入各个处置单元内，处置单元侧墙开口按照贯通考虑，开口宽度 4m。处置单元东西向两个为一组，南北向间距 4m，处置单元布置见图 3.3-1。

当一个处置单元装满并完成顶层水泥浇筑至 6m 后，将进行处置单元的封顶作业，并浇筑混凝土顶板，顶板厚度~0.5m。

处置单元端头设有吊车转场空间，转场空间事先铺设有三条横向轨道，与吊车处置时的横向轨道呈十字交叉（见图 3.3-2）。当一行十个处置单元填充满后需要对吊车进行转场操作，操作过程如下：2 台转运平车分别与龙门吊的 2 条轨道对接；固定转运平车，防止受力偏斜发生倾倒，然后将龙门吊缓慢开上转运平车；龙门吊在转运平车上进行固定；解除平车固定，松开轨道链接；2 台转运平车进行联动，缓慢将载有龙门吊的转运平车运行到下一列处置单元位置，龙门吊沿吊车轨道行至处置单元进行作业。如此操作，完成吊车在处置单元之间的转场。吊车转场空间的转运平车及轨道的布置示意图如下图 3.3-3 所示

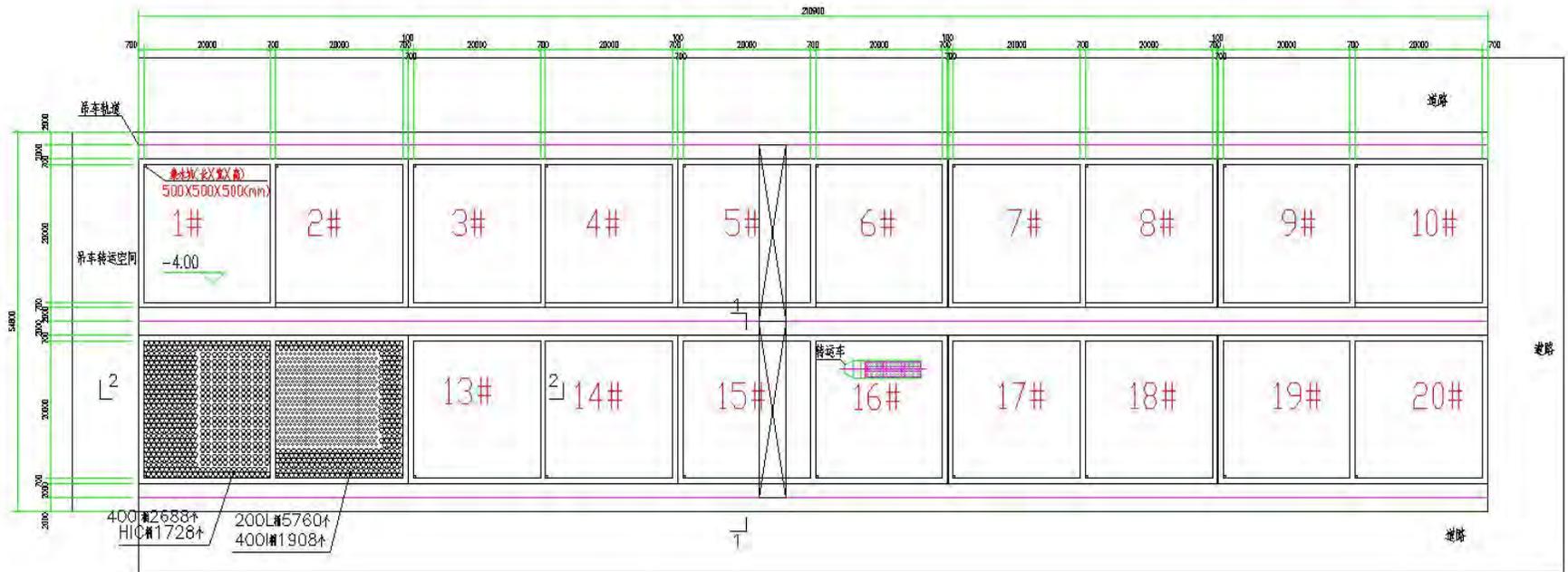


图 3.3-1 处置单元设计示意图

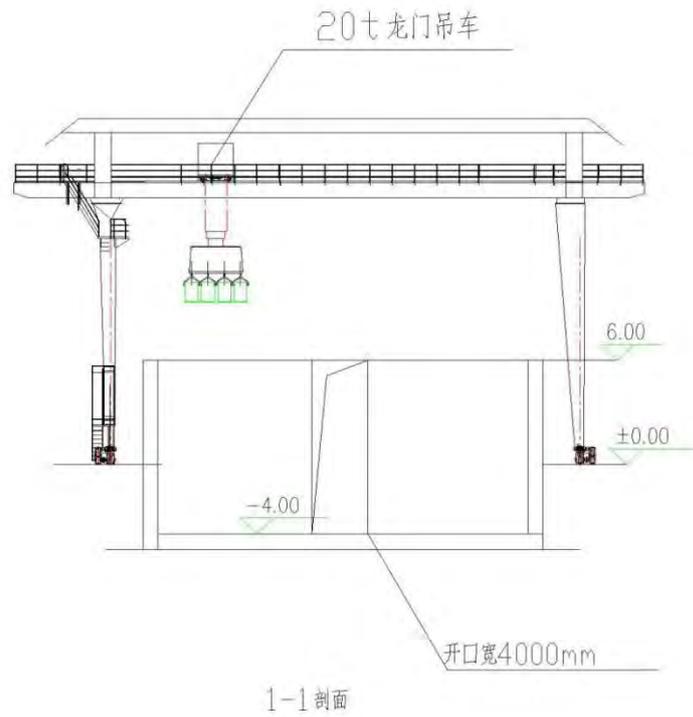


图 3.3-2 吊车码放示意图

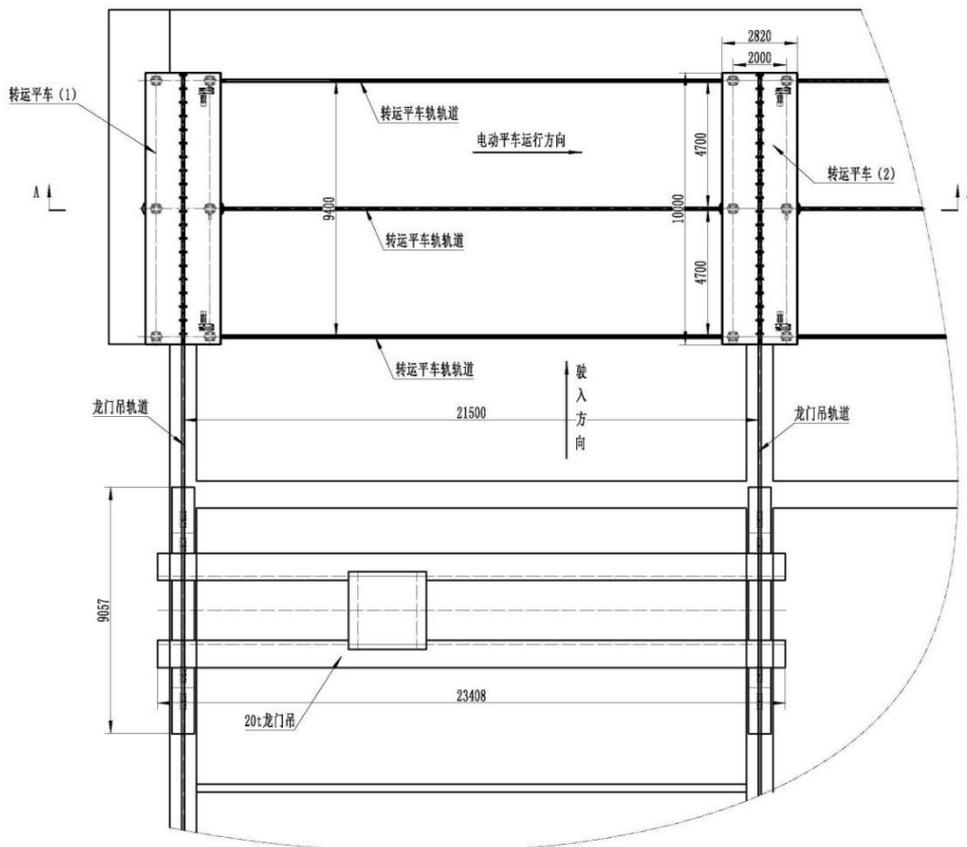


图 3.3-3 吊车转场布置示意图

3.3.2 配套设施

3.3.2.1 废物接收与贮存厂房（03 子项）

废物接收与贮存厂房为两层综合性功能建筑，内设有废物接收、运输容器暂存、运输容器开箱、桶类废物重新摆放（倒装）、桶装废物贮存、处置区吊车控制等功能。废物接收与贮存厂房内设置有废物贮存区，可以实现废物的集中接收，同时也避免运来废物露天存放而产生的环境危害问题；低放废物接收与贮存厂房内设置有 γ 无损检测装置，实现对废物包装放射性核素种类和活度的抽检工作，确保废物信息清楚。废物接收与贮存厂房总长 106m，总宽 66.9m，占地面积约为 5985.74m²，其中贮存区面积约为 471m²，可贮存 400L 钢桶约 2080 桶，贮存容量约为 4000m³。

废物接收与贮存厂房相关工艺描述见《金塔低放废物贮存库建设项目环境影响报告表》。

3.3.2.2 其他配套设施

（1）综合办公楼（02 子项）

本子项总长 55.8m，宽 22.5m，现浇混凝土屋面，标高 14.350m，局部 18.550m。地下一层，地上四层。框架结构，拟采用钢筋混凝土柱下独立基础，局部区域采用筏板基础。

该子项为包括职工食堂、办公楼、实验室、接待住宿等多项综合和功能，为项目工作人员提供办公场地。

（2）生产用车库房（04 子项）

本子项总长 108.6m，宽 18.6m，现浇混凝土屋面，标高 7.200m。框架结构，采用钢筋混凝土柱下独立基础。

生产用车库房用于处置场特种车辆的清洗、维修和停放。本子项为单层车库设置 16 个停放车位、1 个维修车位和 1 个洗车车位，维修车位内设置一个地下检修坑（长×宽×深为 10m×0.9m×1.2m），洗车车位内设置一个车辆清洗用水接口；车库净高度不低于 6m。

特种车辆完成运输和填埋作业返回车库时，需先在车库前清除车轮上的泥沙等沾污，然后用放射性表面污染检测仪进行检测，确

定车辆表面污染水平及区域，如需进行去污，去污过程应遵循废物最小化原则，正常情况下采用擦拭去污，如果去污后仍无法达到要求，可驶入洗车间，用高压水枪洗车装置对其进行冲洗。冲洗水经地面排水沟流入洗车间外的集水坑，产生的冲洗水收集后监测排放。只有测量合格的车辆方可进入停放车位，否则重复进行去污操作，直至检测合格。

（3）供暖站（05子项）

本子项总长 21.0m，宽 18.6m，现浇混凝土屋面，标高 6.000m。地上一层。框架结构，采用钢筋混凝土柱下独立基础。

该子项为单层戊类建筑，主要为本场区冬季供暖。

（4）污水处理站（06子项）

本子项总长 25.8m，宽 11.2m，现浇混凝土屋面，标高 4.200m。地上一层。框架结构，拟采用钢筋混凝土柱下独立基础。

该子项为单层戊类厂房，主要满足本厂区污水处理功能。

（5）人员出入口（09-1子项）

该子项为单层公共建筑，为厂区的主要人员出入口。

（6）货运出入口（09-2子项）

该子项为厂区极低放废物和低放废物运输的出入口。

3.3.3 设备选型

龙和低放废物处置场一期一阶段建设项目低放废物处置区需要的主要大型设备有：

（1）处置区数控龙门吊车

数控龙门吊车布置在处置区内，共 1 台，主要用于四桶 400L 钢桶废物、钢箱废物、四桶 200L 钢桶废物的处置。龙门吊车的额定起重量为 20t，起吊高度 13m，大车方向运行精度±10mm，小车方向运行精度±10mm。

根据辐射防护分区的原则，龙门吊车布置在控制区，人员应该尽可能的远离操作，本设施采用远程数控龙门吊车。采用数控吊车，一方面便于人员远程操作，免受辐照剂量伤害；另一方面废物靠输

入的坐标定位，节约处置时间。数控龙门吊车的控制室设在废物接收与贮存厂房内。

(2) 多桶抓具

多桶抓具为 200L 桶四桶一字型动力抓具和 400L 桶四桶品字型动力抓具。

多桶抓具与单桶抓具相比，在处置过程中具有减少吊车套筒与处置单元壁之间的死区面积，提高处置单元利用率以及提高处置效率的优点。

(3) 废物转运车

废物转运车主要用于场内废物转运，分为额定牵引质量为 35t 的半挂牵引车和额定载重为 8t 的平板运输车。本工程建设项目的主要工艺设备见表 3.3-1。

表 3.3-1 主要工艺设备表

序号	设备名称	主要技术（性能）指标或规格要求	单位（台/套）	数量
一	低放废物处置区			
1	数控龙门吊车	起重量 20t，跨度 24m，起重高度 13m	台	1
2	200L 桶多桶抓具		套	2
3	400L 桶多桶抓具		套	2
4	FA-IV 钢箱吊具		套	1
5	FA-III 钢箱吊具		套	1
6	200L 单桶抓具		套	1
7	400L 单桶抓具		套	1
二	生产用车库房			
1	载重汽车	8t	辆	2
2	载重汽车	35t，含半挂托板	辆	2
3	通勤车	19 座	辆	1
4	汽车吊	载重量 25t	辆	1
5	叉车	载重量 10t	辆	1

3.4 废物的处置

3.4.1 废物接收标准

3.4.1 废物包装形式

处置废物的包装体主要为 200 L LID-IIa 型标准钢桶，最大外形尺寸为 $\Phi 620 \times 925\text{mm}$ ；200 L LID-IIb 型标准钢桶，最大外形尺寸为 $\Phi 585 \times 925\text{mm}$ ；400 L LID-I 型标准钢桶，最大外形尺寸为 $\Phi 772 \times 1132\text{mm}$ ；FA-III 型钢箱，最大外形尺寸为 $1968 \times 2438 \times 1331\text{mm}$ ；FA-IV 型钢箱，最大外形尺寸为 $1573 \times 1565 \times 1331\text{mm}$ ；高完整性容器（HIC 桶），最大外形尺寸为 $\Phi 900 \times 1150\text{mm}$ ；异型废物货包。处置的废物包装表面污染的允许水平为 $\alpha \leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta \leq 4\text{Bq/cm}^2$ 。

3.4.2 处置工艺流程

处置工艺包括：（1）核实认定；（2）废物包接收、登记；（3）废物包定位码放；（4）水泥砂浆填充；（5）单元封顶；（6）出账单元覆盖，废物的处置流程见图 3.4-1。

3.4.2.1 核实认定

废物核实认定包括文件审查与现场监查两部分。文件检查主要内容为：检查源项与整备方案、检查文件是否齐备、文件内容是否完整可靠、文件是否符合相关技术标准。现场监查主要内容为：处理整备包装过程的检查、已整备包装好的废物包的检查与结果判定。

处置场收到废物产生单位按要求提交的书面处置申请后，对提交的源项资料、废物处理整备方案、文件（“四书”）的符合性进行审查，满足要求后，根据“四书”对废物包产生的实际情况进行现场核实，所有核实情况都应形成记录。核实过程中按一定的比例对废物包进行抽检，抽检不合格的废物包则需重新整备直至符合接收要求的废物包。核实认定工作结束编制核实报告，并根据核实报告的结论进行认定并形成认定结果，并向废物产生单位给出符合接收要求的废物包的“废物包处置认定通知书”。废物产生单位获得“废物包处置认定通知书”组织有资质的放射性废物运输单位将废物包

运输至处置场。

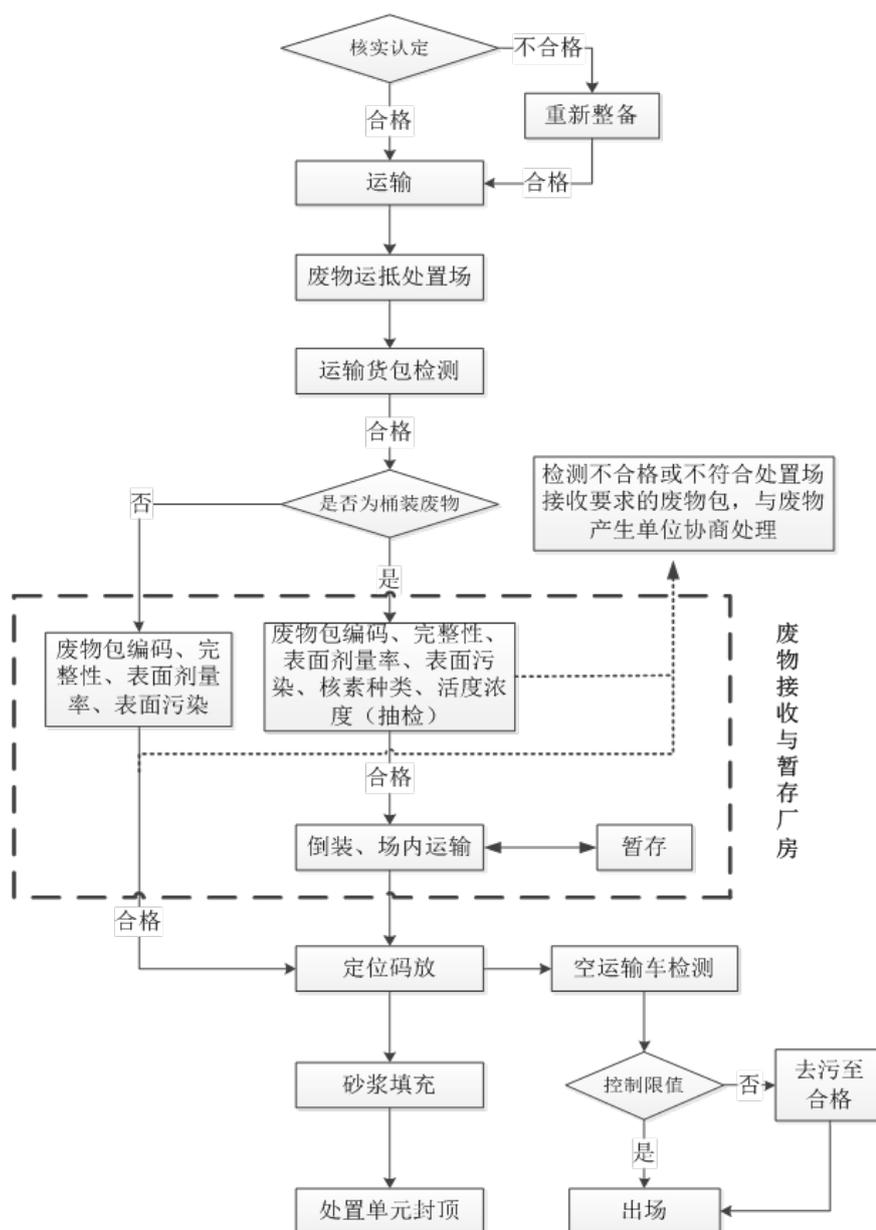


图 3.4-1 处置流程图

3.4.2.2 废物包接收、登记

废物包运到处置场后，按照废物包接收准则，要进行以下项目的检查，不符合处置场接收准则的废物包不予接收：

- a) 废物包装的完整性；
- b) 废物包表面剂量率；
- c) 废物包表面污染水平；
- d) 废物核素种类、活度浓度。

废物包检查主要步骤包括：

- a) 废物包送处单位按送处方案和计划将废物包运送到处置场；
- b) 核对“废物包技术特性表”和“废物包运输单”，检查废物包产生单位是否正确及送处单位应填写的内容是否完整；
- c) 依照“废物包技术特性表”，确认废物包编号是否正确和一致；检查废物包外观是否完整，是否有变形、破损和裂纹；
- d) 必要时，对废物包的表面剂量率、表面污染、核素种类、活度浓度等进行抽检；
- e) 合格的废物包由运输车运往指定的处置单元进行吊运码放。不合格的废物包由废物包产生单位与处置场协商处理，确保接收的废物包满足处置场接收要求。

经过检查，符合废物包接收准则的废物包进行接收、登记。对于 200L 标准桶及 400L 标准桶废物先进入低放废物接收与贮存厂房进行倒装再转运至处置单元处置或暂存；对于 CD1 型混凝土桶、高整体容器（HIC）可直接送往处置单元处置。

3.4.2.3 废物运输、定位码放

（1）废物运输

处置场采用半地下式处置单元结构，实现人员地面作业，废物包半地下处置，处置单元内的底部标高为-4.00，侧墙顶标高为+6.00。处置单元区共设置 1 台 20t 数控龙门吊车，废物桶的吊装通过处置单元上方龙门吊车完成，本工程采用立式四桶抓取码放方式（见图 3.4-2）。处置单元东西侧墙开洞，处置时，转运车通过最东侧单元进入，转运车开至处置单元起吊区，处置吊车沿着轨道方向移动至起吊区抓取废物包，然后通过伸缩套筒将废物包下放到处置单元底部，吊车整个过程的抓取、定位码放由控制室数控操作。码放满一定量的废物包后进行水泥砂浆浇灌、养护。转运车退出至下一个处置单元，将该处置单元侧墙开口封闭，进行该处置单元的码放，码放满一定量的废物包后进行水泥砂浆浇灌、养护。处置单元养护完成后，继续码放处置单元，最终与 6m 平面浇平。当码放并浇筑、养护完

成一个处置单元后，即可进行封顶作业。如此操作依次码放处置单元，处置顺序为 1#→2#→3#→4#→5#→6#。

处置场全年接收废物包，在每年气候适宜的四月中旬至十月中旬 130 天内集中进行水泥砂浆浇注、养护作业。

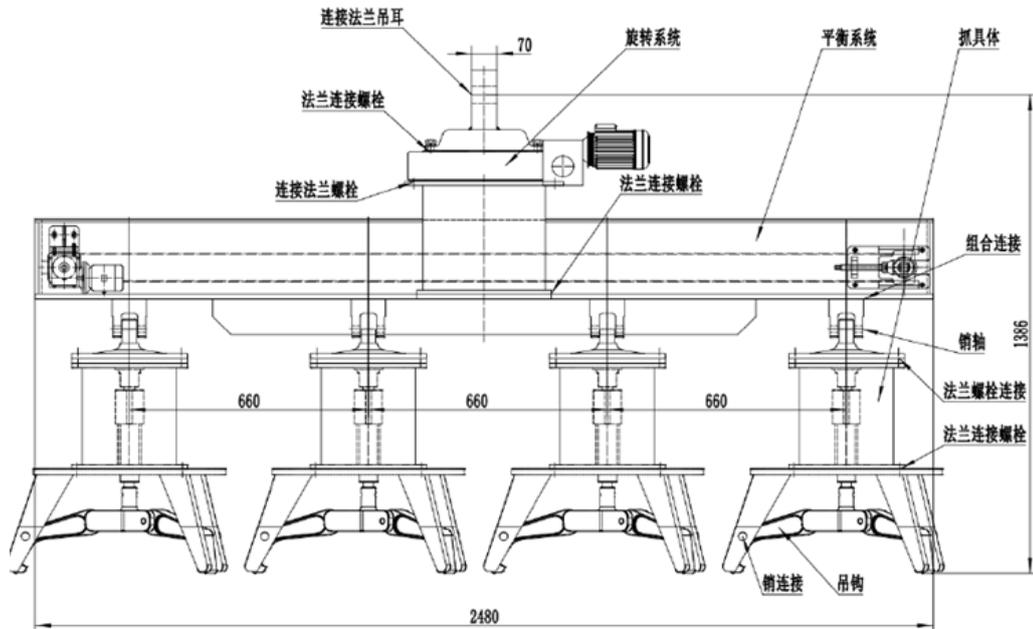


图 3.4-2 四桶吊具图

处置单元码放方案，有以下几种：

①400L 桶单独码放在一个单元内，品字形码放，每层码放 24 列×28 行，高度方向可以码放 8 层，共码放 5376 个 400L 桶，废物处置 2150.4 m³。容积率为 53.76%。

②200L 废物桶和 400L 废物桶混合码放。其中 200L 桶码放在处置单元内侧，每层码放 24 列×24 行，高度方向可以码放 10 层，码放 200L 桶 5760 个，其余位置码放 400L 桶，码放 400L 桶 1908 个，废物处置 1915.2m³，容积率为 47.88%。

结合容积率分析和拟处置废物量，拟处置废物量包装容器数量以 200L：400L 桶：HIC 桶=46.03%：38.58%：15.40%，选择处置单元的参考码放方案如图 3.4-3、图 3.4-4。200L 废物桶和 400L 废物桶可以混合码放在一个处置单元内，HIC 桶和 400L 废物桶可以混合码放在一个处置单元内分层浇注。

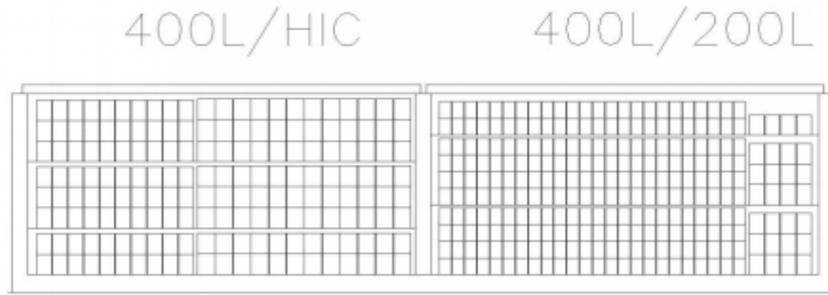


图 3.4-3 处置单元废物码放图剖面图

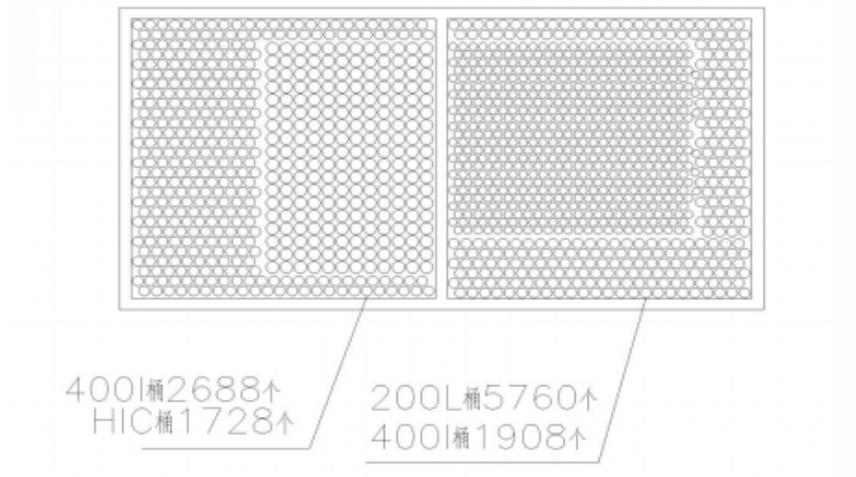


图 3.4-4 处置单元废物码放图平面图

1) 200L 废物桶和 400L 废物桶混合码放。由于吊车伸缩套筒最大横截面 ($\sim\Phi 1280\text{mm}$), 在贴近处置单元侧壁处码放 200L 桶时将留出较大空隙, 考虑 200L 废物桶和 400L 废物桶混合码放。其中 200L 桶码放在处置单元内侧, 每层码放 24 列 \times 27 行, 高度方向可以码放 10 层, 其余位置码放 400L 桶;

2) HIC 桶和 400L 废物桶混合码放。HIC 桶码放 12 列 \times 18 行, 码放 8 层, 共码放 1728 个, 其余码放 200L 桶, 可以码放 400L 桶 2688 个;

上述码放方案将根据实际送处废物情况动态调整。

3.4.2.4 水泥砂浆填充

在向每个处置单元码放一定数量的废物货包后, 采用水泥砂浆浇灌填充废物货包之间以及货包与墙壁之间的空隙, 根据运行情况

码放不超过 5 层，之后浇筑并进行养护。养护一定时间后再进行码放、浇筑作业，直至填满。

3.4.2.5 处置单元封顶

封顶需要工人在处置单元顶层已养护好的水泥砂浆层之上作业。其封顶方案具体如下：

根据码放方案，每个处置单元的最上层码放低表面剂量率的桶，完成后进行水泥砂浆的填充。水泥砂浆填充至与处置单元顶部标高齐平。待一个处置单元内完成废物包码放以及上层水泥砂浆填充和养护的操作后，进行处置单元的封顶操作。

处置单元的封顶盖板施工方法为：现浇混凝土顶板。将封顶盖板放置在处置单元上部，然后进行混凝土填充。封顶盖板厚度暂定为 500mm；封顶盖板以宽度方向中轴线为中心向两边暂定坡率为 1%，以利于排水；盖板与侧墙的搭接宽度暂定为 300mm，顶板浇筑时一并将与相邻顶板间的缝隙用混凝土填满。

图 3.4-5 为处置单元内码放各类废物包并进行水泥浇注和养护后，进行封顶作业后的剖面示意图。

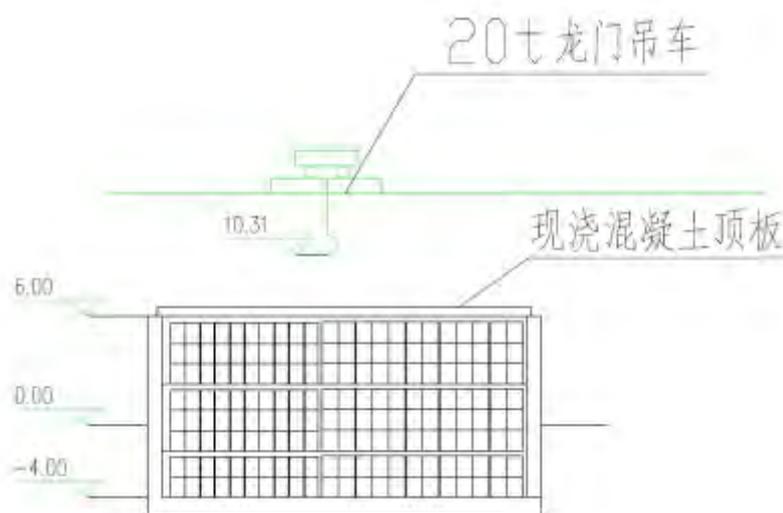


图 3.4-5 处置单元封顶作业后剖面示意图

3.4.2.6 处置单元覆盖方案

覆盖可根据实际情况在处置场关闭阶段进行。覆盖层的设计厚度暂定为 2~5m，初步考虑分为五层，自下而上依次为土壤层、粘土层、砂砾层、土壤层、砾石层，各层的厚度、材料及主要功能见表 3.4-1。砾石层根据本场址特征设置，起到防风蚀的作用。覆盖层的厚度大于冻土厚度，保护处置单元免受冻融破坏。此外在第四层中还考虑放入一些混凝土圆饼，起到辅助标志作用，若覆盖层顶部的砾石层被风刮走，露出混凝土圆饼，它可以起到提醒维护人员及时对覆盖层进行修复的作用。

表 3.4-1 覆盖层的材料、厚度及主要功能

层次	材料	厚度 (mm)	主要功能
核素阻滞层	当地土	500~1500	阻滞核素迁移
挡水层	粘土	800~2000	阻滞地表水下渗
防生物入侵层	砂砾石	200~500	防动植物干扰、疏水
稳定层	当地土	400~700	稳定覆盖层
地表层	砾石	100~300	防风蚀
		总厚度 2000~5000	

3.4.2.7 处置单元排水、防雨

1) 对于未装填的处置单元:

在每个处置单元底部设置集水坑，长×宽×高为 500mm×500mm×500mm，主要用于收集和排出处置单元内的雨水或冰雪消融水。处置单元内的积水会最终汇聚到集水坑内，用潜水泵将集水坑内的水抽出排入地面的排水沟内。

2) 对于已部分装填但未封顶的处置单元:

废物桶码放作业时在靠近道路一侧的角落留出供潜水泵下放的空间，下雨后可利用该空间将潜污泵下放，利用潜污泵将处置单元内的雨水抽走，雨水抽取后进行取样检测，根据取样结果将积存液体排至污水处理站或就地水泥固化。

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 NO_x 、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尘。

施工人员生活污水产生量以 $0.06 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{人}$ 计，本工程的施工人员约 150 人，则生活污水的产生量约为 $9\text{m}^3/\text{d}$ ，主要污染因子为 COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。

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。

该工程工程量较大，场地平整挖方量约 6.8 万 m^3 ，填方量约 3 万 m^3 ；低放废物处置单元（01）基坑深度约 5m，基坑土石方开挖量约 5 万 m^3 ；剩余的土石方临时堆放在场区南侧的预留场地，在处置场覆盖时再利用。

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 300t。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，本工程施工人员约 150 人，则生活垃圾产生量约为 0.075 t/d，生活垃圾收集后送垃圾场处置处理。

(4) 噪声

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

本项目废水包括生活污水、生产废水、淋浴废水、洗车废水、特下水等。

► 生活污水

生活污水主要包括各子项卫生间、淋浴、厨房产生的排水，重力流排至室外生活污水管道，汇集进入污水处理站，经过 A²O 生物处理和深度处理（沉淀、过滤、消毒）后，水质达到 GB 18920-2020《城市污水再生利用城市杂用水水质》中城市绿化、道路清扫标准，回用于厂区道路浇洒。污水处理站产生的污泥采用环卫车定期外运。污水处理站采用污水深度处理工艺，处理流程见图 3.5-1。

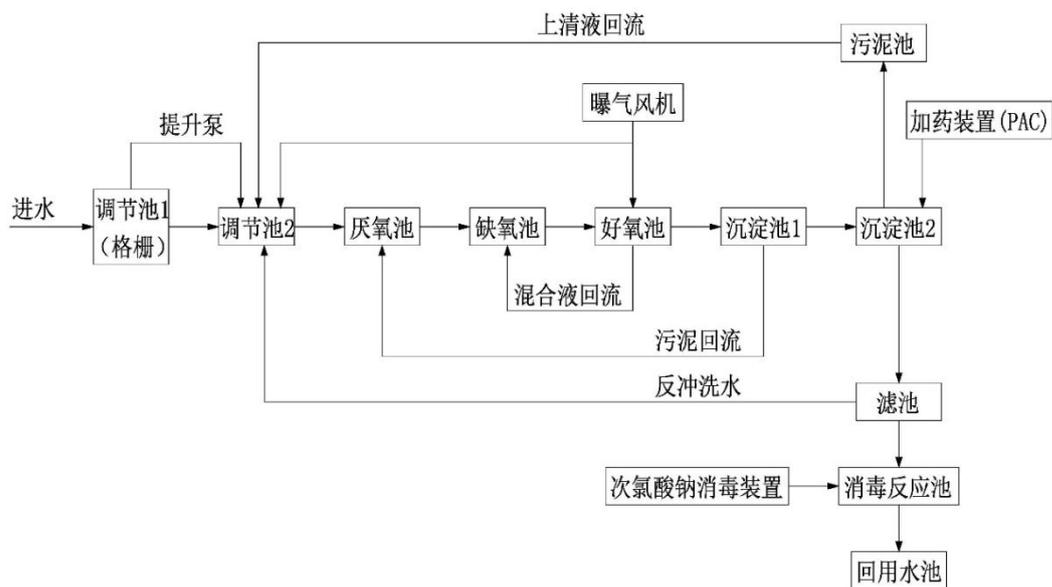


图 3.5-1 污水处理流程图

生活污水进入污水处理站后，首先进入格栅井，经格栅去除污水中的杂物，随后进入调节池，调节池对原水水质水量进行均化和调节（为防池底污物沉积，池内设曝气管道），调节池中设提升泵 2 台（1 用 1 备），将污水提升至一体化污水处理设备。污水在污水一体化设备内经-调节池-厌氧池-缺氧池-接触氧化池-沉淀池-过滤池-消毒反应池处理后得到达标中水，污水一体化处理设备出水暂存于回用水箱，回用水箱容积 18m³，通过洒水车浇洒厂区道路。回用水箱设置溢流管，溢流排至室外雨水系统。

全厂最高日生活污水排水量约 17.7m³/d，生活污水处理系统设计处理规模 24m³/d。

➤ 生产废水

生产废水主要包括白区的淋浴废水、白区地面排水等，以及放射性水平未超标的淋浴废水和洗车废水。白区地面排水为给水引入间、热水器间等较为清洁的检修排水，排入室外雨水系统。其余生产废水排入污水处理站，处理后回用于厂区绿化、降尘。

➤ 淋浴废水

淋浴废水来自 03 子项卫生出入口绿区淋浴废水、洗衣废水，以及 08 子项绿区淋浴间废水。03 子项淋浴废水先排至特下水槽，在 03 子项淋浴水槽间设置淋浴水槽 2 个（一用一备），淋浴水槽尺寸为直径 2000mm，高 h=2500mm，有效容积约为 6.28m³，不锈钢材质。08 子项淋浴废水排至集水坑，有效容积 1.5m³。

04 子项洗车废水排至集水坑，有效容积 3.2m³。

➤ 特下水

特下水主要为 03 子项橙区卫生闸门洗消废水。特下水先排至特下水槽，在 03 子项特下水槽间设置特下水槽 2 个（一用一备），特下水槽尺寸为直径 2000mm，高 h=2000mm，有效容积约为 4.71m³，不锈钢材质。

淋浴废水、洗车废水、特下水排放前进行取样检测。当所检测水样总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 且总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 时，排至生产废水系统；当所检测水样总 $\alpha > 1\text{Bq/L}$ 或总 $\beta > 10\text{Bq/L}$ 时，特下水收集后进行水泥固化处

理。就地水泥固化工艺为：先在 200L 钢桶中按照 M10 砂浆配比装入沙子和水泥；再将超标废水倒入 200L 钢桶中，使用手持式搅拌装置进行桶内搅拌，搅拌时需在地面铺设塑料布防止飞溅砂浆污染地面；搅拌均匀后，用叉车运到贮存库内进行养护。

生产区的特下水，包括卫生通过间淋浴和洗衣废水、生产用车库房洗车废水的排水。该部分排水单独收集到配套的集水池并检测，合格时排入生产生活污水管道，进入污水处理站处理，不合格时就地水泥固化。

(2) 废气

本工程处置的废物包装体为已整備好的废物桶、废物箱等，货包的表面污染水平较低，需满足 $\alpha \leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta \leq 4\text{Bq/cm}^2$ 。在正常情况下，不会有放射性物质大规模的释放，因此，进入到空气中的放射性物质很少，放射性废气对周边造成的影响也很小。

(3) 固体废物

低放废物处置场每年将产生少量的擦拭检测纸、手套、工作服、不易去污的物件等工艺固体废物，经检测，如果超标的废物将装入 200L 桶中。收集到一定量，经检测和整備后，根据放射性废物分类，送极低放填埋场或本处置场处置。

同时，工作人员日常工作中还产生少量的生活垃圾，该部分生活垃圾收集后统一送园区生活垃圾处理站处理。

3.6 辐射防护

3.6.1 辐射分区

本设施操作的放射性废物包括低放和极低放水平的废物。按照不同子项设置辐射工作场所的区域包括：低放废物处置单元、低放废物接收与贮存厂房、极低放填埋场、生产用车库房，以及处置单元与围栏之间的缓冲区等。

根据 GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制，见表 3.6-1 和图 3.6-1。

表 3.6-1 本设施辐射工作场所各子项辐射分区

子项号	子项名称	辐射分区
01	低放废物处置单元	控制区
03	低放废物接收与贮存厂房	监督区\控制区
04	生产用车库房	控制区
07	极低放填埋场	控制区
08	极低放废物接收综合厂房	监督区\控制区

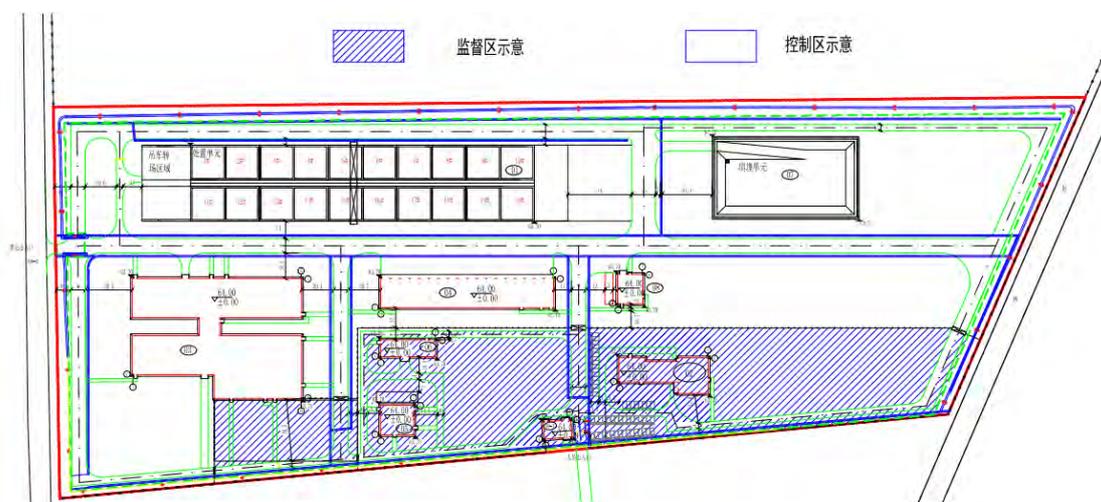


图 3.6-1 本设施厂区辐射工作场所辐射分区图

为了便于辐射防护管理和职业照射控制，把处置场辐射工作场所分为监督区和控制区。再将控制区划分为三个子区，即绿区（G）、橙区（A）和红区（R），监督区为白区（W），工作场所各辐射分区的场所剂量率水平见表 3.6-2 所示。

表 3.6-2 辐射分区场所剂量率控制水平

工作区域	白区(W)	绿区(G)	橙区(A)	红区(R)*
剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	≤ 2.5	≤ 5	≤ 25	$> 25^*$
气载污染控制水平	0.01DAC	0.1DAC	0.5DAC	-
居留特性	一般全年小于 1900 小时	一般全年小于 800 小时	一般全年小于 150 小时	原则上限制进入，特殊岗位结合剂量评价控制进入时间

*由非本区内的源造成的辐射剂量率控制值为 $250\mu\text{Sv/h}$ 。

生产用车库房、低放废物处置单元、极低放填埋场，以及处置单元和填埋场与围栏之间的缓冲区等均为控制区。正在接收码放废物的处置单元按红区管理。

当低放废物接收与贮存厂房装载区暂时存放接收的放射性桶装废物时，应当在相关区域设置活动围栏，并设置电离辐射警告标识和禁止接近标识，防止无关人员接近。正常工作条件下，处置操作均为远距离操作，限制工作人员无故进入处置单元区。对于取样、巡检、司机等工作，可以有限制地进入处置单元区。正常工作条件下，严禁工作人员接近处置单元区的作业面。

通过分区，控制工作人员在控制区内的停留时间及采取相应的措施，减少工作人员所受辐照剂量，尽量避免一切不必要的照射。

3.6.2 远距离操作方式

本工程中放射性废物的处置操作工艺采用了远距离操作的方式，能有效地降低辐射工作人员所受的辐射照射。

在对放射性废物进行处置时，充分考虑工作人员辐射防护的要求，保证安全，当需要在剂量率偏高的场所工作时，运用各种射防护措施，如穿戴防护服、设置司机位屏蔽、增加临时屏蔽、减少操作时间等方式降低工作人员的受照剂量，必要时应进行模拟操作，达到要求后方可进行实际操作。

废物接收岗位的检测时采用长杆仪表以实现远距离防护，同时控制操作时间，以控制个人剂量不超过个人剂量设计目标值。

3.6.3 废物接收和吊装码放的辐射防护要求

(1) 送到本处置场的废物包装必须满足运输、贮存和处置要求，方便操作和搬运，废物包装容器应坚固结实。

(2) 处置废物体的表面剂量率应做一定要求，超过此剂量率水平的废物体在吊装和处置单元中码放时应考虑辐射安全措施（如废物体附加屏蔽、或优化码放方式）。

(3) 处置单元最上两层码放表面剂量率相对低的废物桶或钢箱，码放后，需在废物桶上部浇筑一定厚度的水泥，然后工作人员才可以进行处置单元顶板的作业。

(4) 当废物运输车辆进入处置单元开到符合起吊的位置后，要求司机离开汽车，到吊车控制室待命，直到汽车中的废物全部码放

就位。

(5) 在放射性废物桶（箱）吊装码放过程中，应考虑在一定范围内进行隔离，以避免工作人员接受到额外的照射。

(6) 大气反散射的防护

码放时应结合接受废物的剂量率水平，合理安排废物桶的码放数量及次序，最上层尽可能码放表面剂量率较低的废物桶或钢箱，从而尽可能降低由于 γ 射线大气反散射对处置单元周围环境的影响。同时在处置单元周边不定期巡测 γ 剂量率，以检验降低大气反散射的效果。

在处置单元没有完成顶部浇注前，严禁无关人员接近处置单元，只允许必要的工作人员短时间逗留。

3.6.4 人流、物流控制

(1) 人流组织

通过厂房布置设计，划定放射性控制区域。采用实体和行政管理两方面措施控制工作人员的进入。

人流应按规定的设计路线通行，不同区之间设立卫生出入口（或过渡间），建立进出许可证制度。人流与物料流动分开，避免交叉，以减少工作人员所受的辐射照射。

进入控制区的工作人员，在卫生出入口更换工作服和佩戴相应的个人防护用品。

工作人员由 03 子项门厅进入白区走廊，通过白区楼梯间进入主控制间、实验室、办公室等白区。监督区和控制区的工作人员不能串岗，各设有卫生间。进入控制区工作的人员需要通过 03 子项卫生出入口更换工作服，进入 03 子项的人员经过过渡间进入橙区操作，进入 01 子项的人员更换工作服后经人流通道去往 01 子项。回来时需要在工作服间脱下脏工作服，淋浴后经过剂量检测后更换家庭服回到白区。

(2) 物流组织

物料设有专门的物料出入口。物流与人流分开，避免交叉污染，以减少工作人员受照。

废物运输车辆运载低放固体废物桶经厂区道路到 03 子项装卸区，需要倒装的桶装废物在低放废物接收与贮存厂房中经倒装至转运架，转运架吊运至场内转运车上，场内转运车经装卸区将倒装好的桶装废物运至处置单元；需要贮存的桶装废物在低放废物接收与贮存厂房中经倒装至转运架，多桶吊具吊运废物桶至贮存区，不需要倒装的桶装废物在低放废物接收与贮存厂房中打开运输钢箱后直接贮存。

3.6.5 辐射监测

(1) 个人剂量及污染监测

工作人员工作前均应佩带热释光个人剂量计，该剂量计记录工作人员在工作期间所受外照射累积剂量。热释光个人剂量计由专业服务单位统一提供并进行数据管理。

进入辐射控制区的人员还需佩戴电子个人剂量计，配备 40 台电子个人剂量计，当所测剂量率超过设定值时及时报警，以提醒工作人员离开工作场所或采取一定的辐射防护措施。

在 0.000m 层白区与绿区的卫生出入口设置男女卫生通道，男女卫生通道的污染检测间（男女各 1 间）各设置 1 台手脚污染监测仪，用于对工作人员从绿区退到白区时的手脚和全身表面污染监测。若发现手脚污染，需进行清洗直到无污染。若发现工作服表面放射性污染，则脱掉工作服并放置在一次性处理衣物框内。经检测无污染后，工作人员才可以进入更衣间脱掉工作服，离开子项绿区。此外还设置了 1 台小物品污染监测仪，用于工作人员携带的物品或工具的污染监测。

(2) 废物监测

对申请进场的废物桶首先检查废物桶上的标签，标签上描述的废物特性必须符合接收标准，然后使用废物桶 γ 无损检测系统对废物桶进行抽样检测。该测量系统包括探测器、准直器、多道分析器、机械转台、计算机及分析软件等。

(3) 工作场所监测

工作场所辐射监测采用便携式方式进行监测。使用便携式 γ 剂量率仪对工作场所进行 γ 剂量率水平监测；使用便携式 α 、 β 表面

污染测量仪和空气采样器等对工作场所进行表面污染监测和气溶胶监测。

(4) 环境监测

环境监测详见第七章。

3.7 应急计划

清原公司的应急准备与响应实行三级管理，即公司应急指挥部、应急办公室和项目部应急指挥部。

中核清原应急指挥部是公司应急管理的最高领导机构，包括总指挥、副总指挥及指挥部成员，公司应急办公室是应急指挥部的常设办公机构。中核清原处置工程部是处置场建设项目施工现场管理的责任部门，设有项目部应急指挥部，与现场施工单位应急组织一起执行应急工作。

3.7.1 应急组织体系

应急状态下处置场建设现场项目部应急组织机构设处置场应急指挥部，下设应急保障组和应急处置组。处置场应急组织机构如图 3.7-1 所示。

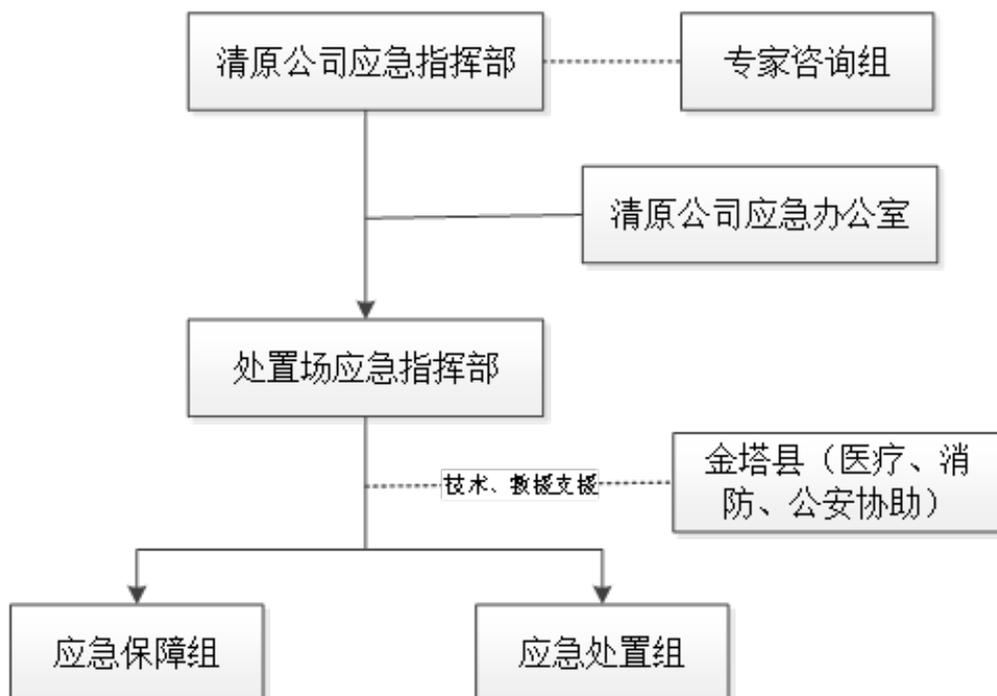


图 3.7-1 处置场建设现场应急组织机构示意图

3.7.2 应急指挥机构与职责

3.7.2.1 清原公司应急指挥部职责

清原公司应急指挥部是公司应急管理的最高领导机构，由应急总指挥、应急副总指挥、指挥部成员组成。其职责为：

- 贯彻落实国家生产安全事故应急有关法律法规；
- 指导和检查各项应急预案编制和准备活动；
- 统一协调调动公司应急救援资源；
- 需要时确定重大事故应急处置指导方案。

(1) 应急总指挥职责

清原公司党委书记、董事长是公司应急管理工作的最高领导者，是应急指挥部总指挥。其应急响应职责为：

- 下达进入厂房应急指令，以及终止厂房应急状态；
- 主持应急响应会议，批准重大应急决策；
- 签发向国家有关政府部门报告；
- 带队或指派相关领导赶赴贮存库指导事故应急处置，在未到达处置场前，授权处置场应急指挥全权负责贮存库应急；
- 授权有关人员对外发布相关信息。

(2) 应急副总指挥职责

应急指挥部副总指挥由公司总经理/业务主管领导/安全主管领导担任，也是总指挥的第一替代人（替代顺序为总经理第一，业务主管领导第二，安全生产主管领导第三）。其职责为：协助应急总指挥指挥和处理生产安全事故应急工作，下达终止应急待命指令，根据应急总指挥的授权代行总指挥职责。

(3) 清原公司应急办公室职责

应急办公室是清原公司应急指挥部的办事机构，与安全质量部合署办公，办公室主任由安全生产管理部门负责人担任；成员由有关职能部门和业务部经理或部门指定人员组成，其职责为：

- 负责制定、修订公司生产安全事故综合应急预案，组织和指导业务部门制定、修订专项应急预案和现场处置方案；

—按照应急指挥部指令，统一对外联系，向国家有关应急部门上报生产安全事故信息；

—接受各部门生产安全事故报告，跟踪相关动态，及时向应急指挥部报告，接受并传达指令；

—向各部门、应急专业组和专家咨询组传达应急指挥部指令；

—落实应急指挥部指示，做好应急活动记录和相关资料整理；

—负责日常应急值班工作；

—生产安全事件或事故发生时，按照应急预案的规定，在指挥部的直接领导和指挥下实施应急响应；

—公司安排的其它应急相关工作。

3.7.2.2 处置场应急指挥部职责

处置工程部对处置场的运行安全直接负责，应随时掌握处置场安全情况。处置场应急指挥部负责人由现场负责人担任，成员由处置场相关应急人员组成，下设应急保障组和应急处置组，应急指挥部职责如下：

—在运行期间遇有突发事件时，应立即采取适当救援措施，并及时上报；

—根据事态发展，应及时向公司应急办公室做好后续报告，直到处置场恢复常态；

—按照本预案要求启动应急预案，并下达进入应急待命指令，以及做好处置场的应急处置工作；

—负责处置场的应急准备，包括应急组织、培训、演练和演习，以应急预案为依据，进行单项演习（练习）、综合演习与处置方案演练等工作。

（1）应急保障组职责

组长由处置场综合部负责人担任，成员由综合部和质保部的部分人员组成，职责如下：

—负责应急状态下安全保卫、人员和车辆的出入控制；

—组织非应急人员的撤离、集合、清点，及场内失踪人员搜救；

—应急物资、防护用品准备及保障；

- 应急状态下的车辆使用保障；
- 提供足够的通讯手段，保证应急响应组织间的信息传递畅通；
- 联系获取外部消防、医疗组织的支持；
- 落实应急指挥部指示，做好应急活动记录和相关资料整理；

(2) 应急处置组职责

组长由处置场生产部负责人担任，成员由生产部和安环部的部分人员组成，职责如下：

- 负责一般事故与核事件的应急处置，按照应急与响应方案进行应急响应工作；
- 负责应急辐射环境等各项监测，并根据监测情况设置控制区；
- 实施应急照射控制，计算可能受到的剂量值；
- 收集环境气象参数；
- 执行其他应急指令。

3.7.3 应急状态分级与应急行动水平

3.7.3.1 应急状态分析

根据国家的现有相关核安全法规、标准，结合西北处置场实际情况，将应急状态分为应急待命、厂房应急和场区应急三个级别：

(1) 应急待命：出现可能导致危及处置场工程安全的某些特定情况或外部事件，工程安全水平处于不确定或可能明显降低；

(2) 厂房应急：工程的安全水平有实际的或潜在的大的降低，但事件的后果仅限于厂房或场区的局部区域，不会对场外产生威胁；

(3) 场区应急：工程的安全水平有实际的或潜在的较大降低，事故后果扩大到整个场区，不会对场外产生威胁。

3.7.3.2 应急初始条件以及应急行动水平

处置场的应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急三个级别。凡是出现以下几种情形，应立即启动应急待命：

(1) 收到气象部门暴雨黄色预警，并且预报金塔县西坝乡或生地湾农场或甘肃酒泉核技术产业园（如单独进行气象预报）6 小时降雨量达到 50 毫米以上，或者已达 50 毫米且降雨仍在持续；

(2) 根据处置场的场址 7 度抗震设防烈度，设计基本地震动峰值加速度为 0.10g。设定：收到中国地震台网预警或测定场区半径 200km 以内发生震级为里氏 4.7~7 级（即 $4.7 \leq M < 7$ ）地震；

(3) 收到气象部门大风黄色预警，即 12 小时内可能受大风影响，平均风力可达 8 级以上，或者阵风 9 级以上；或者已经受大风影响，平均风力为 8~9 级，或者阵风 9~10 级并可能持续。

(4) 收到气象部门暴雪橙色预警，即 6 小时内降雪将达 10mm 以上，或者已达 10mm 以上且降雪持续。

(5) 收到气象部门沙尘暴橙色预警，即 6 小时内可能出现沙尘暴天气（能见度小于 500 米），或者已经出现沙尘暴天气并可能持续。

具体暴雨、大风等应急状态的预警划分标准见表 3.7-1~3.7-3。

表 3.7-1 预警划分标准

类型	蓝色预警	黄色预警	橙色预警	红色预警
暴雨	12 小时内降雨量将达 50 毫米以上，或者已达 50 毫米以上且降雨可能持续	6 小时内降雨量将达 50 毫米以上，或者已达 50 毫米以上且降雨可能持续	3 小时内降雨量将达 50 毫米以上，或者已达 50 毫米以上且降雨可能持续	3 小时内降雨量将达 100 毫米以上，或者已达 100 毫米以上且降雨可能持续
暴雪	12 小时内降雪量将达 4 毫米以上，或者已达 4 毫米以上且降雪持续	12 小时内降雪量将达 6 毫米以上，或者已达 6 毫米以上且降雪持续	6 小时内降雪量将达 10 毫米以上，或者已达 10 毫米以上且降雪持续	6 小时内降雪量将达 15 毫米以上，或者已达 15 毫米以上且降雪持续
大风	24 小时内可能受大风影响，平均风力可达 6 级以上，或者阵风 7 级以上，或者已经受大风影响，平均风力为 6~7 级，或者阵风 7~8 级并可能持续。	12 小时内可能受大风影响，平均风力可达 8 级以上，或者阵风 9 级以上，或者已经受大风影响，平均风力为 8~9 级，或者阵风 9~10 级并可能持续。	6 小时内可能受大风影响，平均风力可达 10 级以上，或者阵风 11 级以上，或者已经受大风影响，平均风力为 10~11 级，或者阵风 11~12 级并可能持续。	6 小时内可能受大风影响，平均风力可达 12 级以上，或者阵风 13 级以上；平均风力可达 12 级以上，或者阵风 13 级以上并可能持续。
沙尘暴	-	12 小时内可能出现沙尘暴天气（能见度小于 1000 米），或者已经出现沙尘暴天气并可能持续。	6 小时内可能出现沙尘暴天气（能见度小于 500 米）或者已经出现沙尘暴天气并可能持续。	6 小时内可能出现沙尘暴天气（能见度小于 50 米）或者已经出现沙尘暴天气并可能持续。

表 3.7-2 处置场假定事故类型及最高应急等级

事故类型	初始条件	后果	探测手段	响应措施	预防措施	最高应急等级
自然灾害	暴雨	场址地基遭受浸泡，设备受损，道路中断，在建构筑物坍塌。	1.气象部门预报； 2.人员主观判断。	及时抽排水，打通道路，抢救设备。	关注天气预报，做好防雨措施	场区应急
	暴雪	雪荷载导致在建构筑物、工棚、脚手架等坍塌；道路中断。	1.气象部门预报； 2.人员主观判断。	及时清理积雪和结冰，打通道路，抢救设备。	关注天气预报，做好防雪灾和防冻害措施；加固易被雪压的构筑物及设备。	厂房应急
	大风	设备受损，在建构筑物、工棚、脚手架等坍塌，人员伤亡。	1.气象部门预报；	设备固定/构筑物加固，人员撤离。	关注天气预报，做好防风措施	场区应急
	沙尘暴	设备受损，在建构筑物、工棚、脚手架等坍塌，人员伤亡。	1.气象部门预报；	设备固定/构筑物加固，人员撤离。	关注天气预报，做好防沙尘措施	厂房应急
	地震	强烈地震导致场区建筑物、设备不同程度损坏；人员伤亡。	1.肉眼外观检查； 2.人员感官。	人员第一时间撤离到应急集合点；震后第一时间组织对施工现场安全检查	关注地震预警，加强施工质量	厂房应急
	地震+暴雨/暴雪/沙尘暴/大风	设备受损，在建构筑物、工棚、脚手架等坍塌，人员伤亡。	1.气象部门预报；	设备固定/构筑物加固，人员撤离。	关注天气预报，做好相关措施	场区应急
工业故障	电气、机械失灵或违章与误操作	电气设备起火损毁、人员触电伤亡		使用灭火器灭火；联系医院抢救伤员；组织专业人员对设备抢修	加强对安全用电的监管工作；持证上岗，按规范操作	厂房应急

火灾	场内火灾	建筑物、设备受损；人员伤亡	人员巡视	灭火，建立隔火带， 人员撤离	定期消防设施维护检测，落实火灾预防措施	厂房应急
	场外火灾	建筑物、设备受损；人员伤亡	肉眼观察	灭火，建立隔火带， 人员撤离	关注场外火情通报；清理边界起到隔火带作用	场区应急
脚手架	脚手架倒塌	建筑物、设备受损；人员伤亡	人员巡视	联系医院抢救伤员， 组织专业人员对设备抢修	加强施工管理，严格按照规范使用脚手架	厂房应急
高空坠落	防护措施失效，违章操作	人员伤亡	人员巡视	联系医院抢救伤员	加强施工管理	厂房应急
交通事故	违章驾驶， 车辆故障	建筑物、设备受损；人员伤亡	人员巡视	灭火，人员撤离，联系医院抢救伤员	规范驾驶，车辆及时维护	厂房应急

表 3.7-3 应急行动水平

事故类型	始发事件	应急行动水平		
		应急待命	厂房应急	场区应急
自然灾害	暴雨	黄色预警	橙色预警	红色预警
	暴雪	橙色预警	红色预警	
	大风	黄色预警	橙色预警	红色预警
	沙尘暴	橙色预警	红色预警	
	地震	收到中国地震台网预警或测定场区半径200km以内发生震级为里氏4.7~7级地震	里氏7级及以上（即 $M \geq 7$ ）地震导致处置场在建设施出现不同程度的受损。	
	地震+暴雨/暴雪/沙尘暴	同上	同上	同上
工业故障	电气、机械失灵或违章与误操作	故障短时间无法排除，可能伤人或设备损毁	人员伤亡	
火灾	场内火灾	子项发生火灾，可能造成人员伤亡、设施和设备损失	人员伤亡	
	外部火灾	得到火灾报警，且可能影响到施工正常进行		人员伤亡
脚手架	脚手架倒塌		人员伤亡	
高空坠落	防护措施失效，违章操作		人员伤亡	
交通事故	违章驾驶，车辆故障		人员伤亡	

3.7.3 应急程序

3.7.3.1 应急响应行动

事故初发期，事故现场应根据应急初始条件以及应急行动水平要求进行相应应急响应行动，并采用有效措施控制事态的发展。根据事件、事故的进展，应急组织按照图 3.7-2、图 3.7-3 所示流程启动，并将应急指令向各级相关应急组织传达。

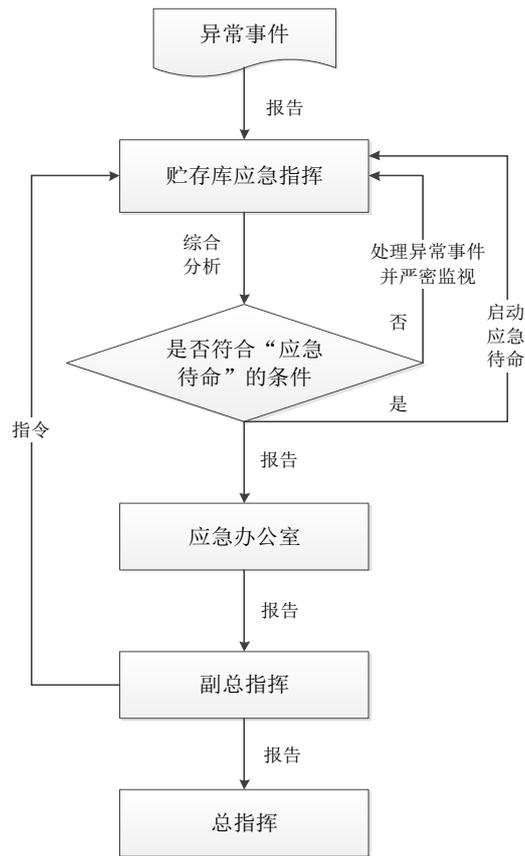


图 3.7-2 应急待命时的启动过程

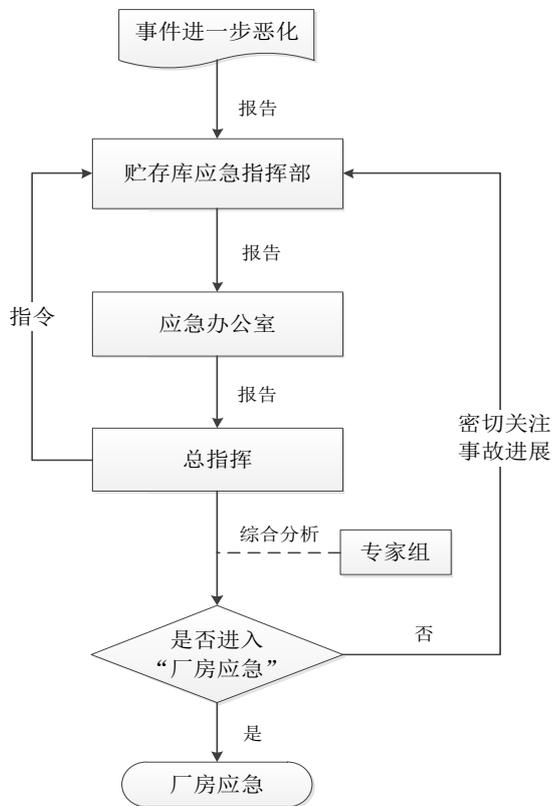


图 3.7-3 厂房应急时的启动过程

3.7.3.2 应急组织的启动与应急响应

各级应急状态下应急组织根据各应急响应专业组的应急职责分工来采取相应行动与就位，各级应急组织根据应急预案及应急指挥命令开展应急行动实施，包括应急监测、标识和警戒、针对不同的照射途径采取的对应应急防护措施、应急报告等。

3.8 质量保证

清原公司将按照我国法律、法规、标准要求制定处置场的质量保证大纲，并组织实施。质保大纲对处置场的各个阶段（选址、设计和建造、运行、关闭和关闭后有组织控制）的质量保证工作作出规定，以保证处置场所有与安全有关的活动符合相关法规和标准的要求。

质保大纲应考虑每个要素对处置场安全性的潜在影响，根据运行阶段和关闭后阶段安全评价结果来确定对安全操作、安全处置重要活动、构筑物、系统和设备的要求，并对相关技术文件的更新和长期有效作出规定。

3.8.1 质量保证要求

3.8.1.1 质量保证分级

按物项对处置场安全的重要性及其失效的后果将处置场中所用的各物项进行质量保证分级，以分别采用不同等级的质量保证措施。

3.8.1.2 程序、细则和图纸要求

凡影响质量的活动都必须按适用于该工作的书面程序、细则和图纸来完成。程序和细则包括质保大纲管理性和技术性要求，同时必须分别对正常工况（规程等）、事故工况（事故处理规程等）和应急情况（应急预案等）作出规定。程序、细则和图纸必须包括相应定量和（或）定性的验收准则，以确定各项影响质量的活动是否已满意地完成。

从事各项活动的单位，必须制定有计划地、系统地实施质量保证大纲的程序并形成文件。编写的程序必须便于使用，包括所需的

专业技能，内容清楚、准确。必须根据需要定期对程序进行审查和修订，以便保证所有影响质量的活动都得到考虑而无遗漏。

3.8.1.3 报告制度

按照国家主管部门核安全报告的管理要求执行核安全报告，并报送中核环保公司及相关部门。

3.8.2 质量控制措施

质保大纲将对质量保证体系中各组织机构的职责和分工进行明确，并对处置场建设、运行中各环节提出质量控制措施，具体包括文件控制、设计控制、采购控制、物项控制、工装和测试器具控制、过程控制、检验测量和试验控制、场地和环境控制、不符合项控制、记录控制等。

3.8.3 质量控制监督和质保监查

3.8.3.1 质量控制监督

质保部负责对贮存库和供方质量控制的监督，负责监督的实施，监督记录和报告，监督后续行动等，根据需要采取跟踪过程监督、按质量计划中所选的停工待检点和见证点监督，以及随机抽查监督等方式。

3.8.3.2 质保监查

为了验证质量保证大纲执行的有效性，实施有计划的内部及外部质保监查制度。安全质量部负责按照《质量保证监查程序》对质量保证工作进行内部监查，同时为保证处置场的安全性，对监测作业等承包单位有计划地实施外部监查。

3.8.4 纠正和预防措施

3.8.4.1 纠正和预防措施的提出

以下情况（但不限于）应采取纠正和预防措施：

—监管部门检查中提出的纠正和预防措施要求；

—内部审查中提出的纠正和预防措施要求；

- 质量控制监督和内、外部监查中提出的纠正和预防措施要求；
- 在不符合项报告中提出的纠正要求和质量趋势分析中提出的纠正和预防措施要求；
- 其他部门向安全质量部提出的纠正和预防措施要求；
- 其他有损于质量的情况都应采取纠正和预防措施要求。

3.8.4.2 纠正和预防措施的执行

纠正和预防措施的执行包括：

- 查清与过程和质量体系有关的不符合产生的原因；
- 落实责任单位；
- 制定并执行消除不符合或不合格原因所需的纠正和预防措施方案；
- 质保人员应及时检查纠正和预防措施执行情况，确保纠正和预防措施的执行及有效性；
- 纠正和预防措施要求的关闭。

3.9 处置场关闭

在龙和处置场的整个处置单元全部装满废物后，即对处置设施进行封场关闭。根据《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB9132-2018）和《低、中水平放射性废物近地表处置设施设计规定—非岩洞型处置》（EJ1109.1-2000）的相关规定，近地表处置场的关闭包括覆盖层建造、合理设计永久标志、与监测系统无关设施的退役等。

3.9.1 关闭的条件

龙和处置场的关闭分为如下四种情况：

- (1) 设计预见的关闭：处置场的处置容量已达到许可证规定的限值，或者处置废物的放射性总活度达到设计限值时，实行正常关闭；

(2) 设计允许的关闭：基于最新资料表明，现有废物的产生量少于原设计的处置量，且在较长时间内没有废物可处置或已有更经济、更安全方便的处置方法时，可实行提前关闭；

(3) 推迟关闭：原设计在运行期间经成功地改造，可增加废物处置量并得到管理机构的许可，可推迟关闭；

(4) 设计中没有预料的非正常关闭：当发现龙和处置场选址或设计有不可更改的严重错误，或者由于一系列严重事故或自然灾害，使得该处置场不再适合继续处置放射性废物时，处置场应实行非正常关闭，实施非正常关闭需得到监管部门的批准。

3.9.2 关闭步骤

在龙和处置场工程全部接收处置完毕后，在遵守关闭许可文件的相关规定下，考虑对整个处置场进行覆盖层施工等关闭工作。

关闭步骤如下：

(1) 关闭开始后不再接收任何放射性废物；

(2) 为了防止关闭过程中人为的干扰，加固处置场边界的围墙；

(3) 进行处置单元覆盖层建设和稳定化工作，使得整个处置区的地表与整个处置场区形成一定的坡度，以便降雨等条件下地表的及时排水；

(4) 在处置场区和处置单元附近的适当位置设置永久性标志，标明废物埋藏的位置和有关注意事项；

(5) 对与有组织控制无关的地表沾污建筑物和设备进行去污，对长期不用的建筑物和辅助设施进行退役和拆除，遗留的任务和责任应从营运部门移交给政府部门指定的监督机构；

(6) 记录保存：选址、设计、建造、调试、运行期间的所有文件资料，至少一式两份，由国家管理机构和监督机构分别保存。

3.9.3 关闭计划

关闭计划包括监测与检查规划、辅助设施退役计划等。分述如下：

(一) 监测计划

监测计划的制定通常包括以下工作内容：

- 1) 选择对设施的安全全过程系统分析具有重要意义的参数并进行论证；
- 2) 确定监测计划的范围和目标；
- 3) 建立监测计划的评估和修订制度；
- 4) 测量方法和设备的选择；
- 5) 测量位置、对象的选择；
- 6) 监测时间和频次的选择；
- 7) 建立质量控制要求及措施；
- 8) 监测数据的使用说明；
- 9) 建立管理规范 and 监测结果报告制度；
- 10) 监测结果评价；
- 11) 建立监测数据的信息管理系统。

（二）检查计划

营运单位应在处置设施建造阶段开始制定检查计划，并根据场址条件和运行情况的变化定期更新，检查计划的主要内容包括：

- 1) 对场址和周边区域的描述；
- 2) 对处置设施部件和使用环境的描述；
- 3) 设施检查的类型和频次；
- 4) 设施检查程序；
- 5) 设施维修和定期试验程序；
- 6) 检查记录和报告要求；
- 7) 质量保证。

（三）辅助设施退役计划

包括立即拆除和延迟拆除两种。不同的退役策略所花费的时间、所投入的人力、所使用的资金以及安全方面的影响是不同的。因此，营运部门和国家监管部门等均需认真审查和确定合理、可行的退役策略。

3.9.4 处置场关闭后的控制措施

根据《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》(GB9132-2018)的相关要求，为保证安全屏障的完整性，处置场关闭前应制定监护（监测、监督和设施维护）计划，监护计划应定期更新，关闭后监护的持续时间应当根据处置场的类型及其容纳废物的种类确定。

处置场关闭后的监护控制可以是主动的（监测、监督和设施维护）或被动的（限制土地使用）控制。初步确定龙和处置场关闭后的监护期为 300 年。

第四章 环境质量现状

本章通过对处置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，给出了处置场区的环境质量现状，为处置场建造、运行和关闭后的环境监测和评价提供基础资料。

本工程距离燃料处理厂约 7km，距离甘肃东方新环环境治理有限公司的废物减容设施约 1km。目前，在核技术产业园区内，只有甘肃东方瑞龙的废物暂存库建成并投入使用。2015 年和 2017 年，中国辐射防护研究院分别针对燃料处理厂和甘肃东方新环环境治理有限公司的废物减容设施进行过辐射环境本底调查，本阶段将利用这次调查的结果，目前，清原公司已委托中国辐射防护研究院开展本底调查工作，目前已经完成本底调查方案的编制，并按照调查方案完成了第一轮采样工作，目前正在分析。后续将按照制定的本底调查方案，继续开展监测和分析，预计 2022 年上半年完成本底调查。

4.1 调查内容和取样布点

(1) 燃料处理厂

2015 年，中国辐射防护研究院针对燃料处理厂进行了本底调查，本工程与燃料处理厂位置关系及剂量率和土壤调查布点图见图 4.1-1。查范围为燃料处理厂 30km 范围，监测项目包括 γ 剂量率、气溶胶、地下水和生物。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、气溶胶、沉降灰、地下水（生地湾、西坝乡）、饮用水、土壤、和生物样中的核素浓度进行分析，其中气溶胶、沉降灰中分析了总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ，地下水和饮用水分析了总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 、U、 ^3H 等、土壤分析了 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 、 ^{238}U ，生物样分析了 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 等。

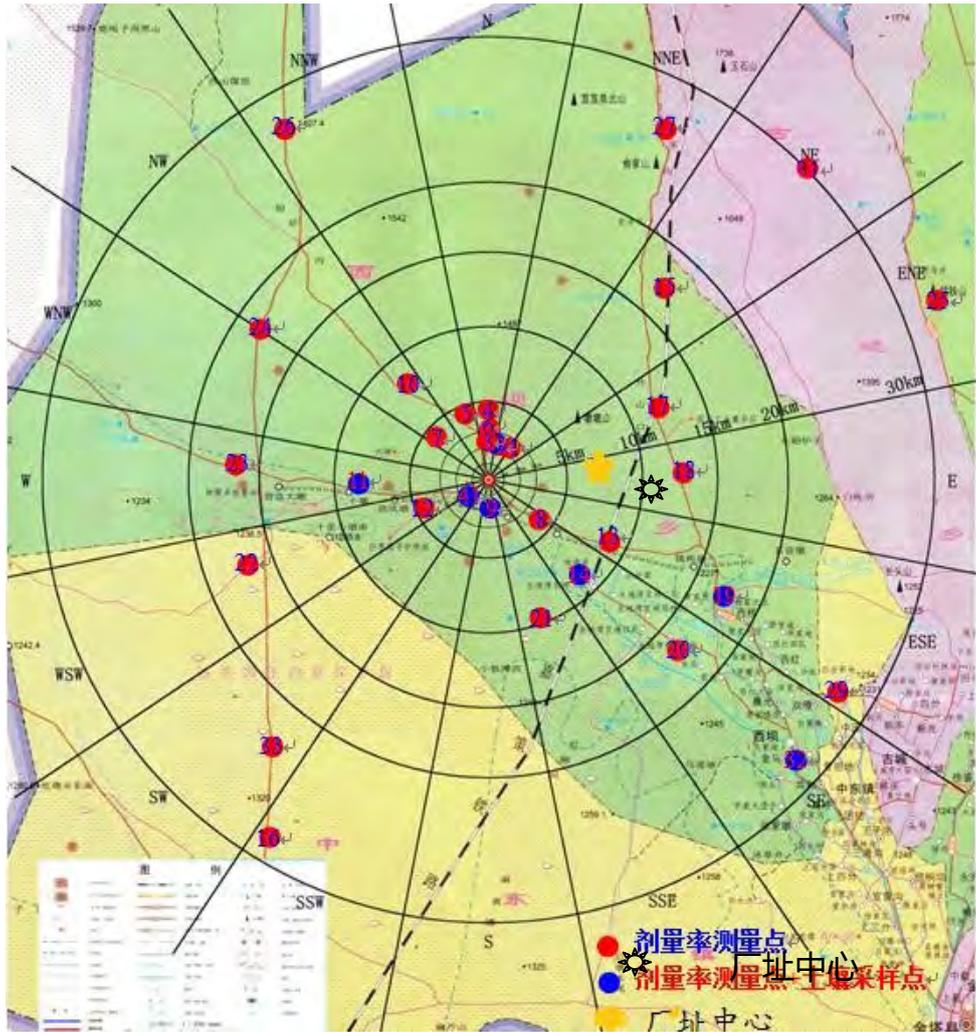


图 4.1-1 处理厂半径 30km 范围内剂量率测量点位和土壤采样点

(2) 废物减容设施

2017 年，中国辐射防护研究院针对甘肃东方瑞龙环境治理有限公司的废物减容设施进行了本底调查。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。

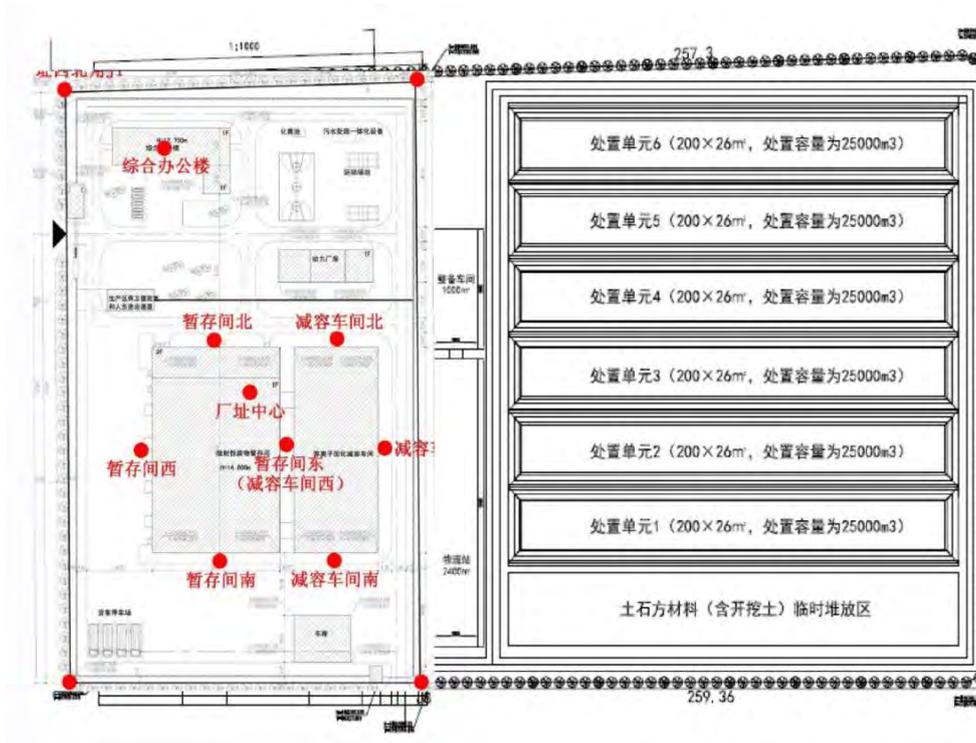


图 4.1-2 场址近区域 γ 剂量率和土壤监测布点示意图

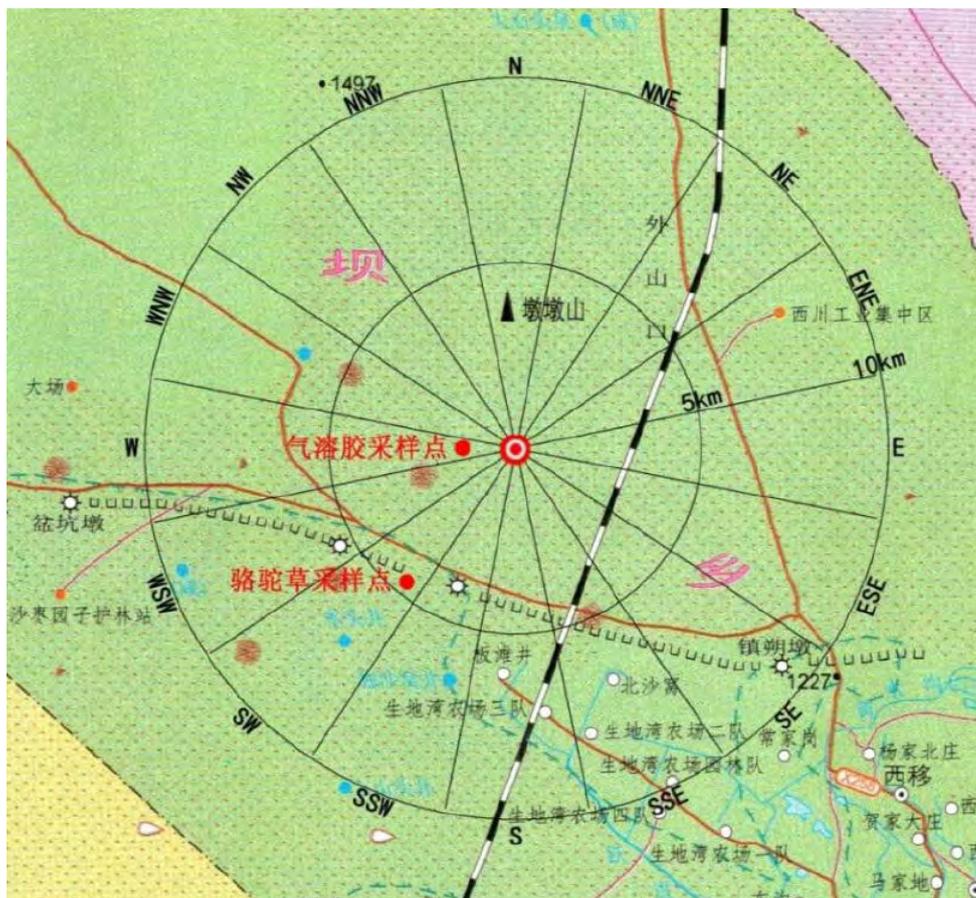


图 4.1-3 气溶胶和生物样监测布点示意图

4.2 调查结果

4.2.1 燃料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：

(1) 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。

(2) 气溶胶

气溶胶中核素 ^{137}Cs 的测量结果低于探测限；总 α 均值为 0.41mBq/m^3 ，总 β 均值为 2.29mBq/m^3 。 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 测量结果中， ^{90}Sr 均值为 $22.5\mu\text{Bq/m}^3$ ， $^{239+240}\text{Pu}$ 均值为 $1.45\mu\text{Bq/m}^3$ 。

(3) 沉降灰

沉降灰中 ^{137}Cs 均值为 0.39Bq/m^2 月，总 α 均值为 61.9Bq/m^2 月，总 β 均值为 96.5Bq/m^2 月， ^{90}Sr 均值为 0.78Bq/m^2 月， $^{239+240}\text{Pu}$ 均值为 36.5mBq/m^2 月。

(4) 地下水（生地湾农场和西坝乡）

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

(5) 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 $2.67\mu\text{g/L}$ ； $^{239+240}\text{Pu}$ 均值为 0.025mBq/L ， ^3H 均值为 0.22Bq/L 。

(6) 土壤

土壤中 ^{137}Cs 测量结果范围 $0.81\sim 64.6\text{Bq/kg}$ ，均值为 10.2Bq/kg ； ^{238}U 测量结果范围 $17.5\sim 37.0\text{Bq/kg}$ ，均值为 27.6Bq/kg ； ^{90}Sr 测量结果范围 $1.05\sim 12.6\text{Bq/kg}$ ，均值为 3.32Bq/kg ； $^{239+240}\text{Pu}$ 测量结果范围 $0.15\sim 2.28\text{Bq/kg}$ ，均值为 0.63Bq/kg 。

(7) 生物

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

^{90}Sr : 测量结果范围为 0.049 Bq/kg 鲜 $\sim 7.02\text{ Bq/kg}$ 鲜。

$^{239+240}\text{Pu}$: 测量结果范围为 0.10 Bq/kg 鲜 $\sim 62.8\text{ Bq/kg}$ 鲜。

4.2.2 废物减容设施周围监测结果

γ 剂量率监测结果见表 4.2-1。土壤中天然放射性核素监测结果见表 4.3-2。环境空气中核素浓度监测结果见表 4.2-3。环境生物样(骆驼草)核素浓度监测结果见表 4.2-4。

表 4.2-1 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 4.2-2 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 4.2-3 环境空气中核素监测结果(Bq/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 4.2-4 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 4.2-1 知, 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 4.2-2、表 4.2-3 和表 4.2-4 可知, 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。

4.3 已有设施对处置场环境的影响

本工程位于酒泉市核技术产业园内, 目前, 园区内已有的涉核企业为甘肃东方瑞龙环境治理有限公司, 该公司目前在园区内建立“1000t/a 低放废物减容处理项目”, 主要建设内容为废物暂存库(暂存量 5400m³)和等离子体熔融装置(处理能力 1000t/a)以及配套的辅助设施, 目前废物暂存库已经建成运行开始接收废物, 等离子体熔融装置正在开工建设。本工程距离甘肃东方瑞龙环境治理有限公司废物减容装置约 1km, 在该公司的 E 方位, 根据《1000t/a 低放废物减容处理项目环境影响报告书(申请建造阶段)》的相关计算内容, 减容装置在运行过程中, 在 E 方位 0~1km 处的个人有效剂量为 4.04E-06Sv/a, 基本不会对本工程造成影响。

4.4 非放环境质量现状评价

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 年第四局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 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀，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 SO₂: 8 ~ 25 μg/m³、NO₂: 21 ~ 29 μg/m³、PM₁₀: 103 ~ 146 μg/m³，均满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级浓度要求(SO₂、NO₂、PM₁₀ 的标准值分别为 150 μg/m³、80 μg/m³ 和 150 μg/m³)。

4.5 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 SO₂、NO₂、PM₁₀ 日均浓度满足 GB 3095-2012《环境空气质量标准》中的二级标准要求。

第五章 安全分析

5.1 安全策略分析

5.1.1 选址原则与目标

龙和处置场的选址、设计、运营必须满足相关法规中对于安全和环境影响的要求，以及营运者对安全性和处置效率的要求。

(1) 选址原则与目标

龙和处置场在选址过程中，依据核安全导则《放射性废物近地表处置场选址（HAD 401/05）》分别完成了规划选址、区域调查、场址特性评价、场址确定阶段的相关工作。

选址采用的总体原则为所选场址可与处置废物类型、数量，工程屏障及关闭后有组织控制措施一起，满足审管机构对辐射防护的要求。龙和处置场选址过程中已开展了必要的地震、地质构造、工程地质、水文地质、气象条件、社会经济、生态环境等的调查与评价工作。所选场址位于干旱少雨的戈壁区域，人口密度低，场址发育有厚层黏土层且地下水位埋深较大，可有效阻滞放射性核素的释出与迁移，适宜作为低中放废物处置场场址。

(2) 设计原则

龙和处置场设计整体采用多层屏障与纵深防御原则。其多重屏障由废物体、废物包、处置单元和地质屏障组成，能有效地包容废物及对阻滞核素迁移，从而实现对处置废物的包容隔离。以上屏障可实现多重互补的安全功能，以限制辐射剂量和预防事故。另外，依据废物特征与场址特点进行了处置场关闭方案设计。通过关闭后长期安全评价对处置工程设计是否满足预期安全功能要求进行验证，结合辐射防护优化结果确定处置场设计标准与最终设计方案。

(3) 废物接收原则与目标

龙和处置场制定有详细的废物接收准则（包括废物形态、活度浓度、包装类型、表面剂量率要求等），以保证所接收废物可实现预期的安全功能。

(4) 辐射剂量目标

龙和处置场制定有明确的运行、关闭与关闭后不同阶段辐射剂量限值，作为开展处置场安全分析工作的评价标准，其中运行阶段的辐射防护标准将参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》要求进行执行。在运行阶段，辐射防护设施必须保护人员、环境不受电离辐射的危害，保证未来人类和环境不会受到高于目前可接受的剂量限值的辐射。

处置场关闭及关闭后长期辐射剂量标准，在《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB9132-2018）基础上，根据处置场实际条件进行综合确定。

（5）管理原则

龙和处置场在运行、关闭及关闭后期间，以保护环境、工作人员和周围居民的安全为目标，制定管理规定，设计实体保卫设施，以防止未经授权的人员擅自闯入处置场。

5.1.2 纵深防御与坚稳性

龙和处置场设计中采用了多重屏障的设计方法，由废物体、废物包、处置单元和地质屏障共同实现对废物的包容及对核素迁移的阻滞。其中废物体为合格的稳定水泥固化或固定体废物，通过限制接收废物中的核素种类、活度浓度及表面剂量率确保接收废物为适于场址、工艺设计条件的合格废物；废物包装采用标准的包装形式，包装设计制造符合相关行业标准要求，并已进行了密封、防渗漏、堆码、跌落等性能的设计与测试，满足废物运输、转运、倒装、处置过程中的安全稳定要求；处置单元采用混凝土单元形式，并使用砂浆对废物桶之间的空隙进行充填，处置场关闭实施中将进行场区覆盖，以减少降雨入渗与风化侵蚀，保护并维持处置单元完整性。

处置场通过以上多重工程屏障保证满足处置废物的包容和隔离条件。在多重工程的条件下，整个处置系统实现处置安全不会过度依赖于处置系统的单一组成部分，即使一个屏障或安全功能不能完全发挥如预期那样的作用，处置设施仍然是安全的，因此能充分实现足够的纵深防御，保证废物处置的长期安全。

坚稳性适用于处置系统的单个部件以及整个处置系统：处置系统部件的坚稳性是指尽管可能会发生合理预期的干扰，但部件将继续执行预期的一项或多项安全功能；处置系统的坚稳性是指单个部件的坚稳性及其之间的相互作用。

龙和处置场工艺设计中已重点考虑加强处置系统整体及各个部件的坚稳性，如仅接收和处置符合国家标准和本项目运输、贮存和处置要求的废物包，确保废物包装完好；对码放的废物包进行灌浆充填，提高其抗压能力并阻滞地下水侵蚀废物包装；通过覆盖层设计抵抗风蚀、冻融破坏及降雨入渗等影响；制定科学合理的处置场关闭及关闭后的管理方案。以上多重屏障共同发挥作用维持处置场运行、关闭及关闭后的长期安全，即便发生预期干扰时，处置系统与部件仍可继续执行预期的一项或多项安全功能，保持处置系统坚稳性。。

5.1.3 被动安全特征

龙和处置场的选址、设计、建造、运行和关闭都尽可能遵循被动安全的原则。在处置场选址阶段，制定选址准则，选择具备长期稳定性且不易受到外部自然和人为事件影响的场址。在处置场运行期间，废物的倒装运输与辐射水平的监测控制等都需要靠人为主动控制措施来实现，但是应在此过程中尽可能地加入被动措施，如使用屏蔽转运容器和处置容器等。在处置场关闭及关闭后阶段，通过如合理的覆盖层设计抵抗风化、剥蚀及降雨入渗的影响、减少人为闯入活动的发生等方式，合理地设计工程屏障，以被动的方式来保证关闭后的安全性，使处置场关闭后安全以被动的方式来保证，将主动管理的需要降到最低。以上不同阶段的不同措施，共同作用有效实现处置场对处置废物的包容与隔离。

5.1.4 不确定性的处理

根据《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB9132-2018），处置场的选址、设计、建造、运行和关闭应以循序渐进的方式进行，本次安全分析的重点为场址条件的查明与适应

性论证，尚未积累大量的场址条件与工程设计参数，因此对于安全分析中相关参数及评价模式的不确定性，主要采用与工作阶段相适应的合理假设、保守取值的方法进行处理，包括在废物源项估算中，以最大表面剂量率接收限值反推核素活度浓度水平，对工作人员辐射防护计算中以最高活度废物桶源项来评估工作人员受照剂量，在关闭后核素迁移计算中同样采用了保守假设的处理方式等。

5.2 安全分析景象开发

放射性废物处置设施景象的开发，是在综合考虑影响处置单元安全性的各特征、事件和过程要素（FEPs）的基础上，识别出处置系统正常运行条件下的评价景象及可能的事故状态景象。考虑龙和处置场采用的为国际上相对成熟的近地表处置形式，处置安全景象已积累了大量的研究与实践工作基础，故本次场址安全分析中的景象开发，主要在参考国际类似工程案例、我国实际处置工程经验及IAEA 相关技术导则中推荐的景象，结合龙和处置场实际场址条件与初步工程设计方案进行确定。

IAEA 技术文件《Derivation of activity limits for the disposal of radioactive waste in near surface disposal facilities》（IAEA-TECDOC-1380）在综合各国近地表处置经验及研究成果的基础上，给出了近地表处置设施运行和关闭后阶段需主要考虑的景象，本次场址安全分析的景象开发在上述景象基础上进行筛选确定。

（1）运行阶段安全景象开发

其中运行阶段景象的适用性分析如下：

—放射性气体释放景象。处置场主要接收的为经过水泥固定/固化的固体废物，且废物源项中不包含有可裂变产生放射性气体（如Rn-222）的核素，故无需考虑处置场运行阶段中的放射性气体释放景象。

—废物包坠落景象。废物抵达处置场后，将经过场内运输与吊车吊起、码放等转运处置操作，对于需倒装或贮存的废物还将送至废物接收与贮存厂房进行倒装与贮存，存在一定废物包坠落风险。

—火灾景象。处置场处置废物主要为经过水泥固定/固化的固体废物，受火灾影响可能性较低。处置场设计中根据各子项火灾特性设置自动灭火系统、室内消火栓、移动式灭火器等灭火措施，采用非能动保护与能动灭火设备相结合的手段，即使发生火灾，也可将影响范围有效地控制在防火分区内。

—废物包倾倒景象。处置场设计中将采用吊车远程遥控的方式对废物在处置单元格内进行有序堆码，不存在直接进行废物包倾倒景象。

—浴盆效应景象。根据已有场址勘察资料，处置场地下水水位埋深较大，与处置单元底板之间具有相对安全的水位距离，且场址区降雨稀少、蒸发量较大，处置单元设计中已根据场址条件设置了适宜的防排水保证措施与地下水监测措施，可有效避免运行阶段由降雨、洪水或地下水位抬升引起的浴盆效应景象的发生。

—直接照射景象。处置场接收废物中以表面剂量率小于 2mSv/h 的废物为主，仅有少部分废物表面剂量率大于 2mSv/h ，且最大不超过 30mSv/h ，考虑在废物贮存、运输过程中工作人员有可能与废物近距离接触，且单元格内废物通过天空反散射在厂界处造成一定的剂量，因此，需考虑天空反散射对厂界公众造成的影响。

—放射性液体释放景象。处置场接收废物为经过水泥固定/固化的固体废物，不会产生放射性废液，且处置场运行过程中卫生出入口的淋浴冲洗及车辆冲洗可能产生的放射性废物均将进行集中的收集检测，不会造成放射性液体释放景象。

—放射性固体释放景象。放射性固体释放景象主要可能发生于废物包坠落破损事故中，可与废物包坠落景象合并评价。

此外，考虑到一些地震、洪水等自然灾害事故同样有可能导致处置单元的破坏或浸泡，造成放射性核素释出危险，故运行阶段需关注自然灾害事故的安全影响分析。

(2) 关闭后阶段安全景象开发

该部分内容见 6.3.1 节。

5.3 运行安全分析

根据《龙和低水平放射性固体废物集中处置场初步安全分析报告》(2020.12), 正常运行期间, 公作人员受到的最大个人有效剂量为 4.6mSv/a, 关键岗位为废物接收、监测操作岗位, 满足清原公司对本项目工作人员职业受照个人年有效剂量设计目标值 5mSv 的要求。在发生自然灾害(洪水、地震)等事故时, 基本不会对处置场产生大的影响, 因此, 自然事故不会对工作人员和环境造成大的影响。废物包跌落事故处理过程工作人员的累积受照剂量约为 1.2mSv, 满足运营期事故工况下, 处置场工作人员所受的有效剂量当量不超过 5 mSv/次的要求。

项目在正常运行期, 废物的运输、检查、转运、吊装堆放、回填、处置单元封顶等废物处置过程将严格按照设计工艺流程及辐射防护要求进行执行, 接废物接收与贮存厂房内设置有专门的通风过滤系统, 放射性物质不会释放到环境中, 不会对公众产生明显影响。处置场产生的放射性可能超标的废水先收集, 检测后再进行排除或处理。废水不会对环境和公众造成显著影响。处置场的固体废物将收集处理整备, 不会直接进入环境。因此项目在正常运行期间不会对公众产生明显辐射影响。

5.4 关闭活动安全分析

处置场在实施关闭活动之前将进行详细的关闭源项调查估算与关闭方案设计, 对关闭过程中可能存在的辐射影响进行评估, 以保证关闭活动的安全实施。处置场关闭中覆盖层的施工、无关设施拆除等将采用成熟的施工技术方法, 以避免出现触电、跌落、火灾等事故发生。

关闭中对工作人员的可能辐射影响有覆盖层施工时受到的处置单元内废物 γ 照射, 根据工艺设计方案, 实施覆盖层施工时所有的处置单元已充填完毕且进行单元封顶, 通过在处置单元顶部码放活度水平较低废物桶的控制措施及顶板的辐射屏蔽作用, 可将覆盖层施工对工作人员的剂量影响降至最低。此外, 对于可能受到辐射沾

污的建构物与设备拆除，将首先进行全面的污染测量，对确认已被污染的设备 and 设施，将根据类型进行适当的去污操作，并对不适宜去污的物件和废物进行整备与统一管理，合理进行设施退役。

5.5 与其它设施相互影响分析

龙和处置场位于甘肃省酒泉市核技术产业园区的核技术产业生产区（低污低放类）内，除本项目的低放废物处置单元、极低放废物填埋单元与低放废物接收与贮存厂房的主要设施外，清原公司还将在后续规划低放废物减容处理厂房、 α 废物暂存库、乏燃料干式贮存库等放射性废物处理、贮存设施。目前清原公司已完成了后续规划内容的详细顶层设计规划，在这些规划建设运行中将对各设施进行统筹的辐射安全管理及相应安全配套设施的建设运行，通过有效的规划组织实施，可以各设施间的相互影响降低到可接受水平。

甘肃东方瑞龙环境治理有限公司“1000t/a 低放废物减容处理项目”已经完成了申请建造阶段的安全分析与环境影响评价工作，根据评价结果，项目的通过大气、地表水的潜在辐射影响均符合国家相关法规标准要求，不会对本处置场的建设运行造成不利影响。龙和处置场主要为低放固体废物的集中收处工程，废物放射性活度浓度较低且均为整备后的固体废物，运行阶段不会排放放射性气体和放射性废液，基本不会对周边项目产生影响。

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

施工期废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水。

施工废水主要为混凝土养护废水及施工设备清洗废水，施工场地设置简易沉淀池和隔油池，混凝土养护废水和施工设备清洗废水经沉淀、隔油后，回用于场地及道路喷洒降尘。施工人员生活污水收集至化粪池内，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，收集后送垃圾场处置处理。剩余土石方堆放在场址南侧的预留场地，用于处置场覆盖和低放废物处置场单元回填使用。

(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 正常工况的辐射环境影响

(1) γ 剂量率

处置场位于产业园区，处置场设有围墙，公众不能入内，废物的接收、检验、处置单元都有充分的屏障，因此，废物体产生的 γ 直接外照射可以忽略不计，本次考虑高剂量货包通过天空反散射对园区公众造成的剂量。

①公路行人

根据《龙和低水平放射性固体废物集中处置场初步安全分析报告》(2020.12)，处置场一期一阶段建设项目厂区边界外最近处置单元最近的为厂区西侧公路，距离最近的处置单元约 91m。处置单元接收码放废物时，根据废物的表面剂量率水平，进行分格码放处置。当较高表面剂量率的废物码放至码放方案运行的最高层数时，厂区西侧公路的场所剂量率水平约为 2.0 μ Sv/h。其他码放情景下，厂区西侧公路的场所剂量率水平达到本底值。

完成一个处置单元处置不超过 4 个月，假设某人每个月 22 天走路经过厂区西侧公路，一天进出 4 趟，每次经过时间 2 分钟，据此分析厂区外公众的受照剂量如下：

$$(2.0\mu\text{Sv/h}) \times (2 \times 4/60\text{h/d}) \times 22\text{d} = 5.87\mu\text{Sv/a}$$

小于本工程运行期间对公众的剂量约束值 0.01mSv/a。

②园区工作人员

根据调查资料，距离本处置场最近的企业为东方瑞龙环境治理有限公司，距离厂址约 1km，W 方位，1km 处的剂量率为 $1.12 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。该公司工作人员每年劳动时间按 250 天计算，每天 8h，其中室外时间按 1/10 计算，此时，对该公司工作人员的剂量约为： $1.12 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h} \times 250 \times 8\text{h} \times 1/10 = 2.24 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，小于本工程剂量约束值 0.01mSv/a。

(2) 放射性废气

本工程处置的废物包装体为已整備好的废物桶、废物箱等，货包的表面污染水平较低，需满足 $\alpha \leq 0.4 \text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$ 。在正常情况下，不会有放射性物质大规模的释放，因此，进入到空气中的放射性物质很少，放射性废气对周边造成的影响也很小。

(3) 放射性废水

本工程放射性废水主要来自清洗污染设备和车辆、清洗工作服和人员淋浴产生的废水。对淋浴水、洗车废水等进行收集和取样监测，经监测放射性水平满足要求后（总 $\alpha \leq 1 \text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ ）与生活污水一起排入污水处理站进行处理。不满足要求的，收集后就地进行水泥固化处理。

(4) 固体废物

可能受到污染的固体废物来源于设备维修、擦拭去污、废弃的防护用品等。工作服、手套等物品清洗后均可重复利用，破损需更换作废的可清洗后作为非放固体废物处理。对于严重事故情况下污染的工作服、手套等，收集到一定量，经检测和整備后，根据放射性废物分类，送极低放填埋场或低放废物处置场处置。

6.2.2 非放环境影响

(1) 废气

工程运行期间，除车辆运输产生的废气和水泥砂浆搅拌产生的粉尘之外，基本不会产生其它废气，基本不会对环境产生影响。

(2) 废水

非放废水包括职工生活、非放射性区域淋浴排水，全厂最高日

生活污水排水量约 17.7m³/d，生活污水处理系统设计处理规模 24m³/d。

(3) 噪声

本工程运行期间的产生的噪声主要来自水泥砂浆搅拌过程中产生的机械搅拌噪声、风机噪声和汽车运输过程中产生的噪声。本工程距离最近敏感点目标超过 5km，经距离衰减后，不会对周围环境产生影响。

(4) 固体废物

本工程产生的非放固体废物主要是工作人员的生活垃圾，生活垃圾收集后统一处理，不会对环境产生影响。

6.2.3 事故工况下的环境影响

处置场在正常运行期间可能发生的事故有废物运输车辆翻车事故和废物桶坠落事故。

(1) 运输车辆场内翻车：当发生运输车辆场内翻车事故时，只需将掉落的废物包吊起放置好，不会有放射性核素外泄。

(2) 坠落破碎事故：一个废物包在吊装过程中坠落处置单元并破碎。

坠落事故可能发生在废物包向处置场单元的吊装过程中。根据《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》(GB14569.1-2011)规定，水泥固化体的抗冲击应达到其“从 9 米高处竖直自由下落到混凝土地面上时，固化体不会发生明显的破碎”。处置单元内部的设计高度为 10 米，吊装码放过程离处置单元底板的距离在部分时间超过 9 米，废物包的坠落可能使包装桶破裂，并导致少量固化体破碎散落。废物包坠落事故发生后，工作人员迅速对现场进行清理。该事故发生在处置单元内，即使废物桶坠落后发生破损，由于水泥固化体弥散系数很小，不会有大规模放射性气溶胶的释放，因此，基本不会对周围环境造成影响。

6.3 关闭后的环境影响

处置场一期一阶段工程预计在 2032 年全部封顶（2022 年开始

运行，运行时间 10 年后)。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景象的后果。

6.3.1 关闭后景象分析

本工程关闭后的景象主要参考 IAEA-TECDOC-1380、《西北低中放固体废物处置场一期二阶段建设项目环境影响评价（申请建造阶段）》以及《中放废液水泥固化浇注池扩建工程环境影响报告书（申请运行阶段）》中给出的西北干旱地区处置设施关闭后所考虑的景象，同时根据本工程的实际情况进行景象的选取。

IAEA-TECDOC-1380 中给出的近地表处置场关闭后安全评价景象及其适用性分析如下：

—放射性核素释出迁移景象。低放废物处置场关闭后，随着处置单元性能的逐渐劣化，降雨将入渗进入处置单元，释出的核素向随雨水下迁移进入地下水，进而随地下水迁移的景象，为处置场关闭后主要的正常演化景象。

—放射性气体释放景象。不会发生（同运行阶段景象分析）。

—处置区域内随意行走景象。低放废物处置场运行过程中对各处置单元进行了砂浆充填与封顶操作，关闭后对处置单元进行覆盖，覆盖层厚度一般约 5m，可有效阻止关闭后公众闯入处置单元景象的发生。

—浴盆效应景象。低放废物处置场关闭后虽工程屏障的劣化会导致降雨入渗的进入，但根据相关工程经验，该入渗量为有限量，不会充满整个处置单元，且根据场址条件，处置单元底板与地下水间保持足够的安全距离，故可认为处置场关闭后不会发生浴盆效应景象。

—处置单元上方钻探取样景象。该景象主要发生于处置场关闭后阶段的有组织控制结束后，由于资源勘探等原因，有可能在处置单元上方钻探景象。

—处置单元上方修路与建房居住景象。同处置单元上方钻探取样，有可能在处置场关闭后阶段的有组织控制结束后发生。

一同时，根据处置场半地上特点以及西北干旱地区风蚀较大的特点，考虑处置场风蚀景象。

综上所述，处置场各阶段需考虑的安全评价景象见表 6.3-1 所示。

表 6.3-1 处置场运行、关闭、关闭后安全评价景象一览表

阶段	正常景象	事故/闯入景象
运行	直接照射	废物包坠落 运输车辆翻车
关闭*	直接照射	
关闭后	正常演化（放射性核素释 出随地下水迁移景象）	钻探景象及钻探后 建房居住 风蚀 处置单元下游打井

*注：考虑现阶段尚未进行处置场关闭详细设计，对于关闭阶段景象现仅结合近地表处置关闭一般安全要求进行分析确定

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

本处置场采用半地上方式进行废物的处置，规划处置容量为 100 万 m³，其中一期一阶段处置容量为 4 万 m³。一期一阶段共建造 20 个处置单元，分南北两排建设，每排 10 个。东西方向每两个处置单元为一组，每组处置单元共用中间墙体。处置单元为半地下式混凝土构筑物，建造时首先将地面负挖至-4.90，之后浇筑 0.9m 的钢筋混凝土底板，处置单元内的底部标高为-4.00，侧墙顶标高为+6.00。为了满足桶类废物与 FA-IV 型钢箱废物的多样化码放，每个处置单元内部尺寸（长×宽×深）为 20×20×10m。

处置场关闭后，由于工程劣化，使得降雨与处置废物接触，核素被雨水浸出，随雨水进入非饱和带，然后进入含水层，随地下水一起迁移。

根据现有水文地质资料（见 2.5 节），场址区地下水贫乏，地下水补给主要靠大气降水，场区地下水流向主要为由北向南汇入沙枣园子冲沟，地下水的渗流通道主要为中等~微风化岩体内发育的裂隙，随后由西向东流入生地湾农场区。根据最新调查资料，生地湾农场灌溉部分采用地下水，本次计算假定农业灌溉使用污染的地下

水，因此，计算时考虑农业场景，并假定生地湾农场居民饮用地下水，计算公众剂量。核素随地下水在地质中的迁移途径见图 6.3-1，核素的迁移及照射途径见图 6.3-2。

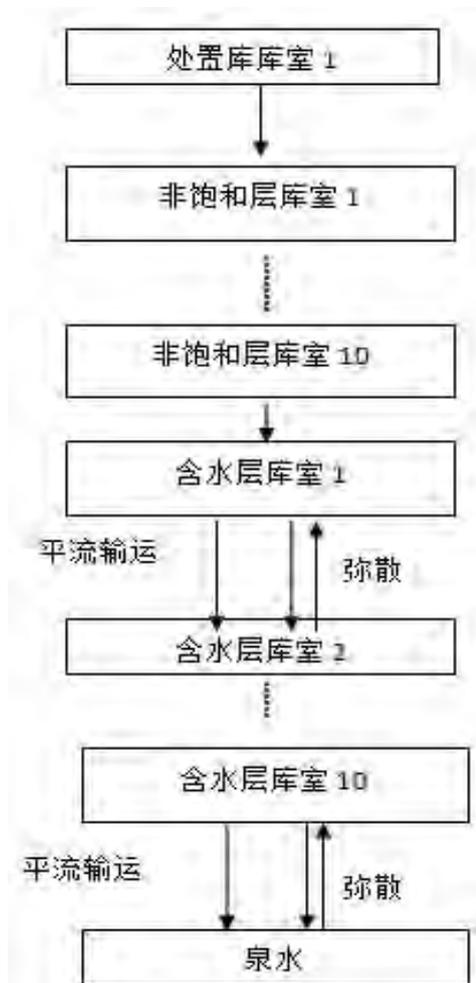


图 6.3-1 核素随地下水在地质中的迁移途径概化模型

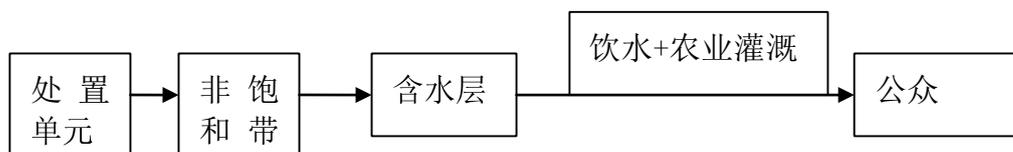


图 6.3-2 核素迁移及照射途径

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：

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

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_{ji} 为从库室 j 中得到放射性核素 N 的迁移比率， a^{-1} ； λ_{ij} 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 核素在处置单元内的迁移

Ecolego 软件计算核素在处置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_{mf} ， a^{-1} ）由下面的方程给出：

$$\lambda_{mf} = \frac{q}{L\theta_w R} \quad (6.2)$$

式中： q 是通过处置单元的达西流速（ m/a ），即入渗量； L 是放射性核素迁移的总的长度（ m ），即为处置单元的高度； θ_w 是处置单元内介质的有效孔隙度； R 为处置单元介质对核素的滞留系数，其值由下式给出：

$$R = 1 + \frac{\rho K_d}{\theta_w} \quad (6.3)$$

式中： ρ 为处置单元介质的密度（ kg/m^3 ）， K_d 为核素在处置单元介质中的分配系数（ m^3/kg ）。

6.3.2.4 核素在非饱和带中的迁移

从处置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处置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处置单元内的相同，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]：

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

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/m³； 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，m²/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 $\lambda_{A,ij}$ 表示，对于弥散作用，可以用弥散的迁移比率 $\lambda_{D,ij}$ 表示：

$$\lambda_{A,ij} = \frac{q}{\theta_w L_i R} \quad (6.5)$$

$$\lambda_{D,ij} = \frac{a_x}{\Delta x} \lambda_{A,ij} \quad (6.6)$$

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

本处置场一期一阶段处置的废物量为 4 万 m³，主要处置核电站运行产生的低放固体废物。根据 3.1.2 节源项调查资料，本工程主要放射性核素涉及 H-3、C-14、Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-58、Co-60、Ni-63、Sr-90、Nb-95、Zr-95、Tc-99、Ru-103、Ag-110m、Sb-124、Sb-125、I-129、Cs-134、Cs-137、Ce-144、Pm-147、Sm-151、Eu-155，一期一阶段的废物源项见表 3.1-9。本工程接收的废物中放射

性核素多达 20 多种，核素的半衰期从最短的 27.7d (Cr-51) 到最长的 1.57E+07a (I-129)，根据西北地区废物处置经验以及厂址阶段环评，对于废物源项中半衰期较短（小于 30a）且原子序数较低的核素，通过地下水途径对公众造成的剂量很低，基本不用考虑。因此，本次地下水途径计算时不再考虑该部分核素，本次计算一期一阶段废物源项见表 6.3-2。

表 6.3-2 废物处置场接收废物核素活度组成

核素	一期一阶段 4 万 m ³ 废物源项	
	活度 (Bq)	最大比活度 (Bq/kg)
H-3	2.28E+14	4.00E+10
C-14	3.72E+13	1.00E+07
Ni-63	2.99E+11	1.00E+09
Sr-90	3.19E+15	4.83E+08
Tc-99	8.83E+13	1.34E+06
I-129	2.99E+08	1.00E+05
Cs-137	4.96E+15	1.00E+08
Sm-151	1.70E+13	2.57E+05
合计	8.52E+15	

6.3.2.7 计算参数取值

(1) 入渗量

处置场在运行期间有防雨棚和人员监护，在监护期（300 年）内也有人员在进行现场监护，防止处置场损坏。因此，保守假定监护期结束后，工程屏障完全失效，雨水进入到处置单元，进入处置单元的雨水量保守假定为降雨量的 10%。该值是保守的，主要是处置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处置单元，本工程位于戈壁沙漠地区，年降雨量只有 65mm，年蒸发量达到 2309mm，蒸发量远大于降雨量。因此，进入处置单元的雨水量取降雨量的 10%即 6.5mm/a 是保守的。

(2) 水文参数

计算过程中涉及的水文参数见表 6.3-3。根据调查的水文地质资料，场区地下水贫乏，地下水埋深为 9.38~15.98m。处置单元建造时先将地面负挖至-4.90m，之后浇筑 0.9m 的钢筋混凝土底板，处置单元内的底部标高为-4.00m，因此，地下水距离处置单元底板最近约 5.38m，本次假定非饱和层厚度为 5m。根据区域调查，含水层厚

度在 10~50m 之间，本次取 20m。根据本次调查成果，场区地下水流向主要为由北向南汇入沙枣园子冲沟，地下水的渗流通道主要为中等~微风化岩体内发育的裂隙，随后由西向东流入生地湾农场区，生地湾农场距离本处置场地下水下游约 6km。根据试验成果，拟建场地中等风化岩体中地下水的流速 $2.41 \times 10^{-6} \sim 1.70 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，平均流速 $8.67 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，约 27.5m/a。该区的地下水的流向均指向生地湾农场。根据最新调查，生地湾农场采用机井，利用地下水灌溉农田。本次计算，将考虑生地湾农场利用地下水进行农业灌溉并饮用该部分受污染的地下水。

表 6.3-3 场址水文参数取值

名称	描述	厚度 (m)	长 (m)	干密度 (kg/m^3)	有效孔隙度	实际流速	弥散度 (m)
处置单元区	变质水泥砂浆	10m	—	2000	0.15	入渗量除以有效孔隙度	不考虑
非饱和带	微风化变质石英砂岩	5m	—	2000	0.15	入渗量除以有效孔隙度	不考虑
含水层	微风化变质泥岩	20m	6000	2000	0.28	27.5m/a	$a_x=1.7\text{E-}3$ $a_y=8.1\text{E-}3$

注：计算时考虑宏观尺度效益，纵向弥散度取库室长度。

(3) 核素的分配系数

2020 年，清原公司委托中辐院进行“甘肃低中放处置场建设项目核素迁移试验”，该试验分为两阶段，第一阶段采用实验室静态吸附试验方法，对龙和处置场包气带和含水层中的分配系数开展测量和研究，第二阶段采用土柱试验开展测量，目前已经完成第一阶段实验室静态测量工作，测量的核素主要有 Sr-90、Cs-137、Tc-99、Ni-63、Pu-238 这 5 个核素，试验结果见表 2.5-7。

由表 2.5-7 中可以看出，不同岩层对于核素的吸附系数差别较大，为简化计算，本次 Sr-90、Cs-137、Tc-99、Ni-63 的吸附系数取实验室测量得到的最小值进行计算，处置单元中的分配系数，其他核素在包气带和含水层中的分配系数取自 IAEA-TECDOC-1380。包气带吸附系数取为中等—微风化层中核素吸附系数最小值，含水层吸附

系数取强风化层中核素吸附系数的最小值进行计算，核素的分配系数见表 6.3-4。

表 6.3-4 不同介质中核素的 Kd 值 (m³/kg)

核素	处置单元	非饱和带	含水层
H	0	0	0
C	2.00E+0	5.00E-3	5.00E-3
I	1.00E-3	1.00E-3	1.00E-3
Cs	1.00E-3	1.76E-2	2.19E-2
Sr	5.00E-3	3.53E-4	2.94E-3
Ni	1.00E-1	2.30E-3	2.25E-3
Tc	2.00E+0	7.49E-4	7.01E-4
Sm	2.00E+0	1.10E+0	1.10E+0

(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，处置单元、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。

计算核素在处置单元内迁移时，由于假定核素在处置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，核素在处置单元中的迁移主要考虑随入渗水的迁移，因此把整个处置单元划分为 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 6.3-5、表 6.3-6、表 6.3-7 给出了核素在处置单元、非饱和带和含水层中迁移的计算参数。

表 6.3-5 处置单元的计算参数

库室情况	单位	数值
库室个数	-	1
总的迁移距离	m	10
有效孔隙度	-	0.15
实际流速	m/a	0.04

表 6.3-6 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 6.3-7 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	8.0×10 ³
弥散距离	m	600
库室体积	m ³	4.8×10 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（一期一阶段）

（1）核素从处置单元的释放率

表 6.3-8 和图 6.3-4 给出核素从处置单元底部释放的峰值及其峰值出现时间。处置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处置单元中各核素的迁移比率的乘积求得。

表 6.3-8 核素从处置单元底部释放的峰值及其出现时间

核素	H-3	C-14	I-129	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Sm-151
最大释放率 (Bq/a)	4.68E4	5.83E6	9.04E4	1.48E9	1.49E8	1.22E5	1.43E7	2.74E5
最大值时间 (a)	300	300	300	300	300	300	300	300

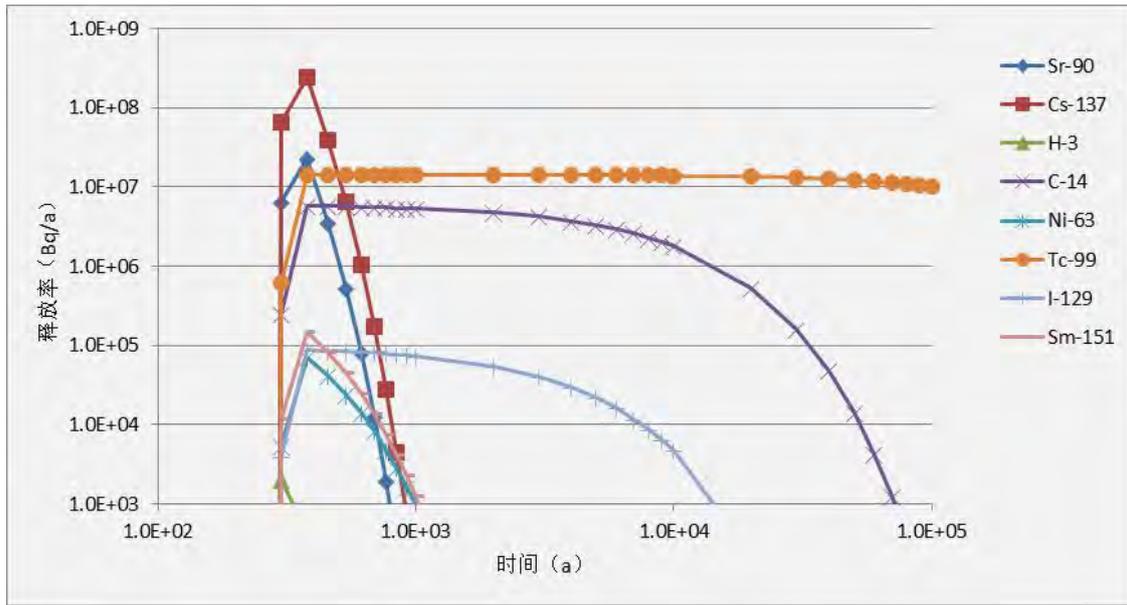


图 6.3-4 核素从处置单元底部释放率与时间的关系

(2) 核素从非饱和带的释放率

表 6.3-9 和图 6.3-5 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。

表 6.3-9 核素从非饱和带向饱和带释放的峰值及其出现时间

核素	H-3	C-14	I-129	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Sm-151
最大释放率 (Bq/a)	8.06E1	1.43E6	6.43E4	/	/	/	1.42E7	/
最大值时间 (a)	376	1.01E4	2.74E3	/	/	/	3.26E3	/

注：值小于 1 不再计算

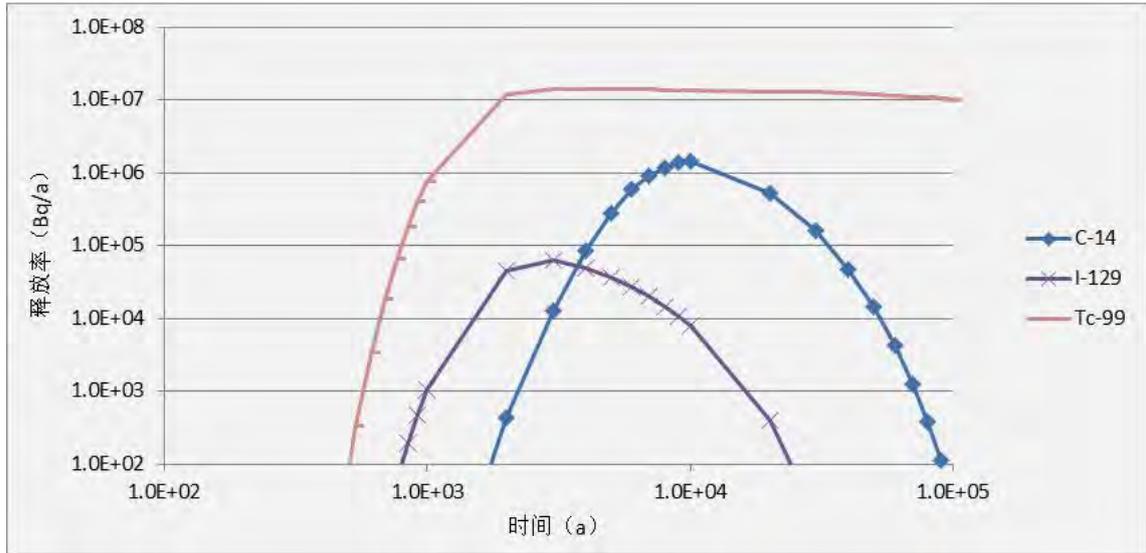


图 6.3-5 核素从非饱和带的释放率与时间的关系

(3) 核素从含水层的释放率及井水中核素浓度

表 6.3-10 和图 6.3-6 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：

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

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 20m，含水层宽度保守取 200m（处置单元垂直与地下水方向的宽度），则 V 为 $2.4 \times 10^6 m^3$ ，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 6.3-10 井水中核素浓度峰值及其出现时间

核素	H-3	C-14	I-129	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Sm-151
最大释放率 (Bq/m^3)	/	1.36E1	1.65	/	/	/	4.55E2	/
最大值时间 (a)	/	1.82E4	5.05E3	/	/	/	6.70E3	/

注：值小于 $1E-5$ 不再计算

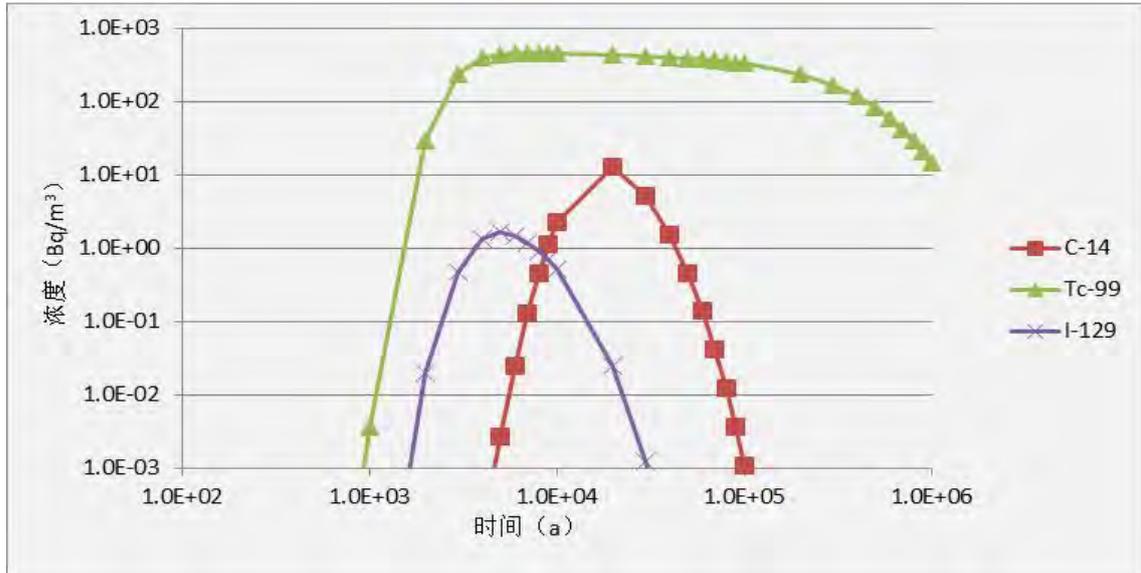


图 6.3-6 井水中核素浓度与时间的关系

6.3.2.9 个人剂量

根据最新调查，生地湾农场居民利用地下水进行灌溉，本次计算，假定生地湾农场居民饮用受污染的地下水（井水）并将之用于农业灌溉。评价中考虑了公众饮用井水、食入经井水灌溉的农产品以及食入此井水灌溉农作物喂养的家禽及其禽畜产品所致的内照射。

(1) 公众食入井水灌溉的农产品的待积有效剂量当量由下式计算得到：

$$D_g = g_g \sum_p v_p f_p C_p \quad (6.8)$$

式中， D_g 是个人因食入污染食物而接受的年待积有效剂量当量，Sv/a； g_g 是食入剂量转换因子，Sv/Bq； v_p 是个人对 P 类产品的年摄入量，kg/a； f_p 是食入有关地区 P 类农产品的份额，保守取 $f_p=1$ ； C_p 是 P 类农产品中放射性核素比活度或者是浓度，Bq/kg 或 Bq/L，其中 C_p 由下式计算得到：

$$C_p = \frac{C_G B_V}{P} e^{-\lambda t_h} \quad (6.9)$$

式中， B_V 是农作物的食用部分从土壤摄入核素的浓集因子，Bqkg⁻¹（鲜作物）/Bqkg⁻¹（干土壤）； P 为土壤的有效表面密度，kg（干土壤）/m²，取 $P=240$ ； t_h 是农作物由收获到消费的时间，a；

C_G 是灌溉水造成的土壤表面的沉积浓度， Bq/m^2 ，其值由下式计算得到：

$$C_G = \frac{C_w I}{\lambda_e^s} \cdot (1 - \exp(-\lambda_e^s t_b)) \cdot P_p \quad (6.10)$$

式中， C_w 是井水中核素浓度， Bq/m^3 ； I 是生长季节的平均灌溉率， $m^3/(m^2a)$ ； t_b 是放射性核素在土壤表面的累积时间， a ，取 $t_b=30$ 年^[9]； P_p 是井水灌溉份额，保守取 1； λ_e^s 是放射性核素从土壤表面清除的有效速率常数， a^{-1} ，由下式计算得到：

$$\lambda_e^s = \lambda + \lambda_s \quad (6.11)$$

式中， λ_s 是除衰变外其他核素清除过程的速率常数，取 $1 \times 10^{-2} a^{-1}$ 。

(2) 公众食用井水灌溉农作物喂养的禽畜及其产品所致的内照射：

食入井水灌溉农作物喂养的畜禽及产品产生的待积有效剂量当量由下式计算得到：

$$D_g = g_g \sum_p v_p f_p C_p' \quad (6.12)$$

式中， D_g 是个人因食入井水灌溉农作物喂养的家畜及家禽产品而接受的年待积有效剂量当量， Sv/a ； g_g 是食入剂量转换因子， Sv/Bq ； v_p 是个人对 P 类产品的年摄入量， kg/a ； f_p 是食入有关地区 P 类农产品的份额，保守取 $f_p=1$ ； C_p' 是动物产品中放射性核素比活度或者是浓度， Bq/kg 或 Bq/L ，其中 C_p' 由下式计算得到：

$$C_p' = F_A C_F Q_F \exp(-\lambda t_f) \quad (6.13)$$

式中， F_A 是动物每天摄入的放射性核素出现在每公斤动物产品中的平均份额， d/kg ； Q_F 是动物每天消耗的饲料量， kg （干重）/ d ； t_f 是由屠宰动物到其产品为人消费的时间， a ； C_F 是动物饲料中的核素比活度， Bq/kg （干重）。

(3) 公众饮用井水所致内照射

公众直接饮用井水所致个人剂量由下式计算得到：

$$D_{W,P} = Q \sum_i C_i g_g \quad (6.14)$$

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

(4) 主要核素及参数取值

根据表 6.3-10 可知，对于 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 等短寿命核素在随地下水迁移过程中已基本衰变完毕，因此，计算公众剂量时不再考虑，本次计算主要考虑的核素为 ^{14}C 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I 。

剂量计算时用到的参数见表 6.3-11 至表 6.3-21。

表 6.3-11 农作物的浓集因子 B_v (Bq/kg (鲜作物) / Bq/kg (干土壤))

元素	C	I	Tc
B_v	1E-1	1E-1	10

*参数选自 IAEA-TECDOC-1380

表 6.3-12 蔬菜的浓集因子 B_v (Bq/kg (鲜作物) / Bq/kg (干土壤))

元素	C	I	Tc
B_v	1E-1	1E-1	10

*参数选自 IAEA-TECDOC-1380

表 6.3-13 饲料的浓集因子 B_v (Bq/kg (鲜作物) / Bq/kg (干土壤))

元素	C	I	Tc
B_v	1E-1	1E-1	10

*参数选自 IAEA-TECDOC-1380

表 6.3-14 核素在动物产品 (肉) 中的转移参数 F_A (d/kg)

元素	C	I	Tc
F_A	1.2E-1	4.0E-2	1.0E-4

*参数选自 IAEA-TECDOC-1380

表 6.3-15 核素在动物产品（奶）中的转移参数 F_m (d/L)

元素	C	I	Tc
F_M	1.0E-2	1.0E-2	2.3E-5

*参数选自 IAEA-TECDOC-1380

表 6.3-16 农作物的生长季节的平均灌溉率 I ($\text{m}^3 (\text{m}^2\text{a})^{-1}$)

小麦	蔬菜	牧草
0.3	0.5	0.2

*参数选自《核工业三十年辐射环境影响评价》

表 6.3-17 农作物由收获到消费的时间 t_h (a)

水稻	蔬菜	牧草
0.082	0.0027	0.5

*参数选自《核工业三十年辐射环境影响评价》

表 6.3-18 动物饲料消耗量 Q_F

动物	饲料 (kg/d)	水 (L/d)
猪	4.2	10
羊	1.5	8
牛	14	55
鸡	0.12	0.3

*参数选自《核工业三十年辐射环境影响评价》

表 6.3-19 屠宰动物到产品为人消费的时间 t_f (a)

动物产品	由屠宰或收获到人为消费的时间
	1/365

*参数选自《核工业三十年辐射环境影响评价》

表 6.3-20 核素的食入剂量率转换因子 (Sv/Bq)

核素	C	I	Tc-99
食入剂量率转换因子	5.8E-10	1.1E-07	6.4E-10

表 6.3-21 成人组食物消费量情况

食物产品	消费量 (kg/a)
猪	8.98
羊肉	5.75
牛	2.05
鸡+鸡蛋	9.64
牛奶	16.12
谷物	149.4
蔬菜	80

*来自 2016 年现场调查数据

(5) 剂量计算结果

处置场关闭后，核素通过地下水途径进入生物圈，公众饮用地下水造成的个人最大剂量见表 6.3-22，食入该污染地下水种植的蔬菜以及污染的动物产品造成的最大个人剂量见表 6.3-22，各核素所致个人最大剂量其出现时间见表 6.3-22 和图 6.3-7，公众所受总剂量最大值及随时间变化见表 6.3-23 和图 6.3-8。

表 6.3-22 各核素所致个人最大剂量其出现时间

核素	C-14	I-129	Tc-99
饮水途径	5.76E-09	1.32E-07	2.12E-07
食入途径	4.91E-09	2.44E-09	7.26E-09
合计	1.07E-08	1.34E-07	2.19E-07
最大值时间 (a)	1.82E+04	5.05E+03	6.70E+03

表 6.3-23 处置场关闭后剂量峰值及出现时间

核素	第一个剂量峰值	
	剂量 (Sv/a)	占比
C-14	3.49E-11	0.0%
Tc-99	2.19E-07	67.0%
I-129	1.08E-07	33.0%
总剂量	3.27E-07	100.0%
出现时间 (a)	6.70E+3	

由表和图可见，处置场（一期一阶段）关闭后，地下水途径对公众造成的剂量随时间逐渐增大，在关闭后的 6700 年左右达到剂量率峰值，剂量为 $3.27 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，满足本工程提出的剂量约束值

0.01mSv/a 的要求，此时，关键核素为 Tc-99，对公众剂量贡献占比约 67%，关键照射途径为饮水内照射途径。

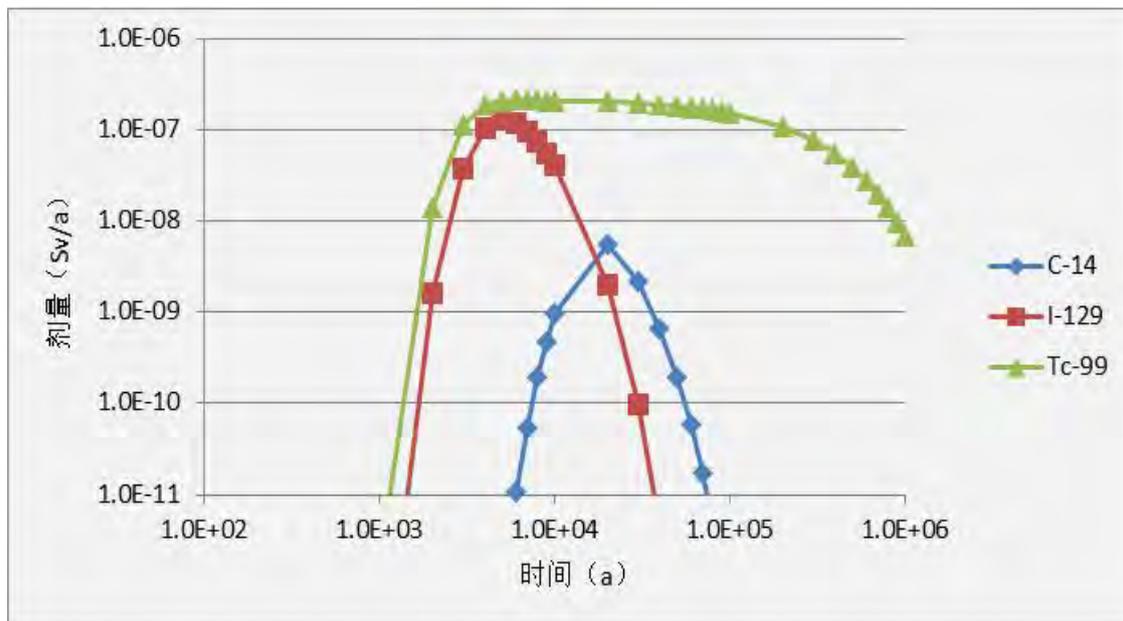


图 6.3-7 各核素所致公众剂量与时间的关系

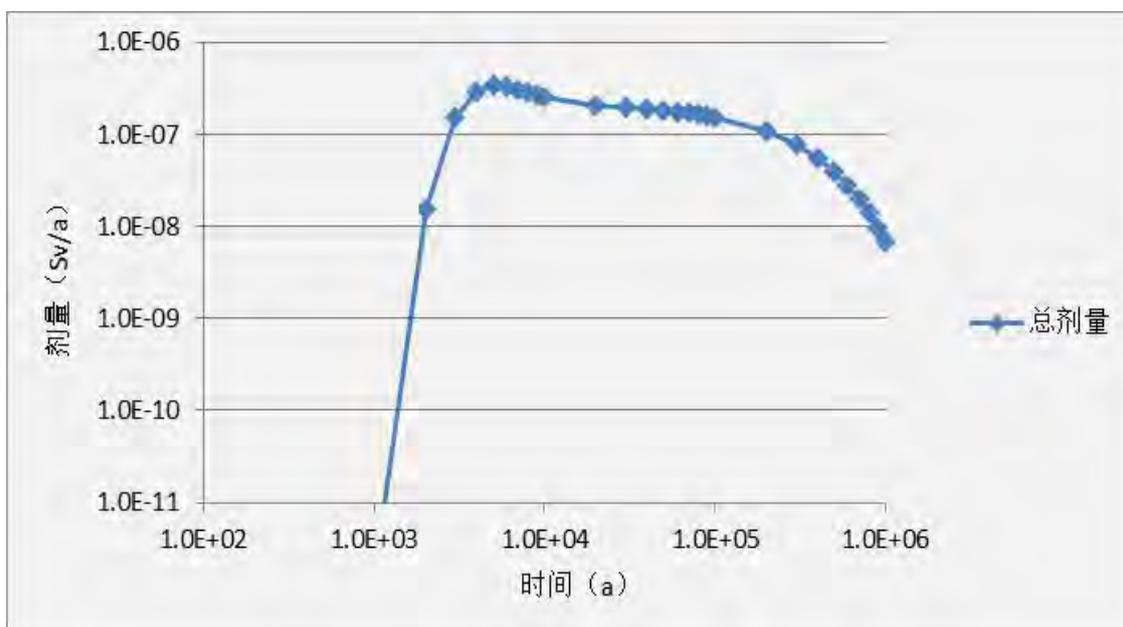


图 6.3-8 公众所受总剂量与时间的关系

6.3.3 闯入景象影响

本次考虑的闯入景象主要有处置场下游边界处打井饮水，以及在处置单元上方钻孔、钻孔后岩芯撒落、住房居住景象以及风蚀景

象。本次计算闯入景象发生在处置场有组织监控期满后（关闭后 300 年）和关闭后 500 年。

6.3.3.1 处置场下游边界打井饮水

假定打井位于处置场周界地下水下游 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。核素从处置单元出来以后，先进入非饱和带，然后进入到含水层进入到井水中，计算过程中处置库和非饱和带库室的相关参数与正常情况下的参数相同，由于在处置场下游边界打井，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 6.3-24。

表 6.3-24 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	m	100
对流迁移距离	m	10
弥散面积	m ²	4.0×10 ³
弥散距离	m	10
库室体积	m ³	4.0×10 ⁴
弥散度	m	10
实际流速	m/a	27.5

经计算，处置场关闭后在处置场边界处打井，对公众造成的最大个人有效剂量为 $3.30 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，出现时间为处置场关闭后的 6600 年左右，关键核素为 Tc-99，对公众剂量贡献占比约 67%，关键途径为食入途径。与正常情况下对公众的剂量基本没有差别，主要原因为核素 Tc-99 在含水层中的吸附系数很小，为 $7.01 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{kg}$ ，而 Tc-99 的半衰期很长，迁移距离（6km 以内）对剂量的影响很小。

6.3.3.2 钻孔

假定钻孔发生在处置单元关闭后 300、500 年内，考虑因外照射和粉尘吸入内照射二种途径，为保守计算，废物体中的核素浓度采用活度浓度指导值进行计算。钻探岩芯直径 $D=0.1\text{m}$ ，含有废物的长

度为 $L=10\text{m}$ ，核素均匀分布，简化为线源，操作人员距岩芯 $R=0.5\text{m}$ ，操作人员因某种核素外照射所致剂量为：

$$H_{\text{外}} = t \frac{47.4A\Gamma}{LR} \text{tg}^{-1} \frac{L}{2R} \quad (6.15)$$

式中， $H_{\text{外}}$ 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 3600s（1h）； A 为 10m 长的岩芯中放射性核素活度，Bq； Γ 为照射量率常数， $\text{C m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ Bq}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，在考虑不同核素的衰变类型和能量及 300 年、500 年剩余在处置单元内的比活度，外照射考虑 ^{137}Cs 、 ^{241}Am 等。提取的岩芯体积为 $V = \pi \times 0.05^2 \times 10 = 0.0785 \text{ m}^3$ ，岩芯中的放射性核素活度为 $A = \rho \cdot V \cdot S$ ， A 为岩芯中的放射性核素活度，Bq； ρ 为处置废物密度，取 2000kg/m^3 ； V 为岩芯的体积； S 为经过 t 时间后处置单元内剩余的放射性核素的比活度，Bq/kg。

本工程接收处置的放射性废物中的主要核素包括 H-3、C-14、Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-58、Co-60、Ni-63、Sr-90、Nb-95、Zr-95、Tc-99、Ru-103、Ag-110m、Sb-124、Sb-125、I-129、Cs-134、Cs-137、Ce-144、Pm-147、Sm-151、Eu-155。根据源项调查数据，本项目接收的废物中主要放射性核素的活度浓度上限值比《放射性废物分类》中给出的低水平放射性废物的浓度限值要低，具体见下表 6.3-25。本次保守假定钻孔时废物中核素的比活度按上限值进行考虑，则关闭后 300a，处置单元内剩余的放射性核素比活度见表 6.3-26。

表 6.3-25 本工程低放废物包主要核素的活度浓度上限值

核素	半衰期 (a)	活度浓度限值 (Bq/kg)	核素	半衰期 (a)	活度浓度限值 (Bq/kg)
H-3	12.3	4.00E+10	Ru-103	39.3d	8.84E+04
C-14	5730	1.00E+07	Ag-110m	250d	4.63E+06
Cr-51	27.7d	7.70E+05	Sb-124	60.2d	1.81E+06
Mn-54	312d	2.16E+06	Sb-125	2.77	4.02E+06
Fe-59	44.5d	3.27E+05	I-129	1.57E+07	1.00E+05
Co-58	70.8d	3.67E+05	Cs-134	2.06	3.73E+06
Co-60	5.27	5.67E+08	Cs-137	30.0	7.10E+08
Ni-63	96.0	1.00E+09	Ce-144	284d	2.08E+04
Sr-90	29.1	4.90E+07	Pm-147	2.62	3.85E+04
Nb-95	35.1d	3.62E+07	Sm-151	90.0	2.57E+05
Zr-95	64d	3.01E+06	Eu-155	4.96	7.52E+05
Tc-99	2.13E+05	1.40E+06			

表 6.3-26 本工程关闭后 300a 剩余核素比活度

核素	初始活动浓度 (Bq/kg)	300a 活度浓度 (Bq/kg)	核素	初始活动浓度 (Bq/kg)	300a 活度浓度 (Bq/kg)
H-3	4.00E+10	1.83E+03	Ru-103	8.84E+04	0.00E+00
C-14	1.00E+07	9.64E+06	Ag-110m	4.63E+06	0.00E+00
Cr-51	7.70E+05	0.00E+00	Sb-124	1.81E+06	0.00E+00
Mn-54	2.16E+06	0.00E+00	Sb-125	4.02E+06	0.00E+00
Fe-59	3.27E+05	0.00E+00	I-129	1.00E+05	1.00E+05
Co-58	3.67E+05	0.00E+00	Cs-134	3.73E+06	5.52E-38
Co-60	5.67E+08	4.18E-09	Cs-137	1.00E+08	9.77E+04
Ni-63	1.00E+09	1.15E+08	Ce-144	2.08E+04	0.00E+00
Sr-90	4.90E+07	3.87E+04	Pm-147	3.85E+04	1.33E-30
Nb-95	3.62E+07	0.00E+00	Sm-151	2.57E+05	2.55E+04
Zr-95	3.01E+06	0.00E+00	Eu-155	7.52E+05	0.00E+00
Tc-99	1.40E+06	1.40E+06			

由上表可以看出，处置场关闭后 300a，一些半衰期较短的核素基本已经衰变完毕达到豁免水平，本次计算时对于达到豁免水平的放射性核素不再计算，考虑核素有 C-14、Ni-63、Sr-90、Tc-99、I-129、Cs-137、Sm-151。

假定为干法钻探，参考已批复的《中放废液水泥固化浇注池扩建工程环境影响报告书（申请运行阶段）》，该地区钻探时空气中灰尘量取值为 $5.0 \times 10^{-4} \text{g/m}^3$ ，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：

$$H_{\text{内}} = t\eta CF \quad (6.16)$$

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 50h； F 为吸入剂量转换因子，Sv/Bq，其值见表 6.3-28； C 为空气中核素浓度， Bq/m^3 ， $C = \frac{A(t)}{V_{\text{处置库}} \times \rho} \times S$ ， S 为空气中的载尘量， $5.0 \times 10^{-4}\text{g}/\text{m}^3$ 。

表 6.3-29 给出了不同时间钻孔景象所致操作人员剂量，从表中可以看出，300a 和 500a 时的个人有效剂量分别为 $1.10 \times 10^{-2}\text{mSv}$ 和 $3.40 \times 10^{-3}\text{mSv}$ ，关闭后 300a 关键核素为 ^{63}Ni ，关键途径为吸入内照射剂量，关闭后 500a 关键核素为 ^{14}C ，关键途径为吸入放射性核素造成的内照射，均小于本次设定的剂量控制值 $5\text{mSv}/\text{次}$ 。

表 6.3-27 处置库、岩芯以及空气放射性活度、比活度

核素	300 年			500 年		
	岩芯中核素比活度 (Bq/kg)	岩芯中总活度 (Bq)	空气中核素浓度 (Bq/m^3)	岩芯中核素比活度 (Bq/g)	岩芯中总活度 (Bq)	空气中核素浓度 (Bq/m^3)
C-14	9.64E+06	1.51E+09	4.82E+00	9.41E+06	1.48E+09	4.70E+00
I-129	1.00E+05	1.57E+07	5.00E-02	1.00E+05	1.57E+07	5.00E-02
Ni-63	1.15E+08	1.81E+10	5.75E+01	2.71E+07	4.26E+09	1.36E+01
Sr-90	3.87E+04	6.08E+06	1.94E-02	3.31E+02	5.19E+04	1.65E-04
Tc-99	1.40E+06	2.20E+08	7.00E-01	1.40E+06	2.20E+08	7.00E-01
Cs-137	9.77E+04	1.54E+07	4.89E-02	9.63E+02	1.51E+05	4.82E-04
Sm-151	2.55E+04	4.00E+06	1.28E-02	5.47E+03	8.58E+05	2.73E-03

表 6.3-28 核素的剂量率转换因子

核素	食入剂量转换因子 F_i	吸入剂量转换因子 F	外照射剂量转换因子 (Sv/a) / (Bq/m^2)	照射量率常数 $C \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ Bq}^{-1} \text{ s}^{-1}$
C-14	5.80E-11	5.80E-09	0	0
I-129	1.10E-07	3.60E-08	0	0
Ni-63	1.50E-10	1.30E-09	0	0
Sr-90	2.80E-08	1.60E-07	3.5E-9	/
Tc-99	6.40E-10	1.30E-08	2.5E-12	/
Cs-137	1.30E-08	3.90E-08	1.8E-8	6.32E-19
Sm-151	9.80E-11	4.00E-09	1.6E-13	/

表 6.3-29 钻孔景象下公众个人所受剂量

核素	300 年			500 年		
	外照射剂量 (Sv)	吸入剂量 (Sv)	总剂量 (Sv)	外照射剂量 (Sv)	吸入剂量 (Sv)	总剂量 (Sv)
C-14	0.00E+00	1.68E-06	1.68E-06	0.00E+00	1.64E-06	1.64E-06
I-129	0.00E+00	1.08E-07	1.08E-07	0.00E+00	1.08E-07	1.08E-07
Ni-63	0.00E+00	4.49E-06	4.49E-06	0.00E+00	1.06E-06	1.06E-06
Sr-90	0.00E+00	1.86E-07	1.86E-07	0.00E+00	1.58E-09	1.58E-09
Tc-99	0.00E+00	5.46E-07	5.46E-07	0.00E+00	5.46E-07	5.46E-07
Cs-137	3.90E-06	1.14E-07	4.01E-06	3.90E-08	1.13E-09	4.01E-08
Sm-151	0.00E+00	3.07E-09	3.07E-09	0.00E+00	6.55E-10	6.55E-10
合计	3.90E-06	7.13E-06	1.10E-05	3.90E-08	3.36E-06	3.40E-06

6.3.3.3 钻探后岩芯散落

钻探带出的 10m 长的岩芯散落，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 6.3-9。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 6.3-30。

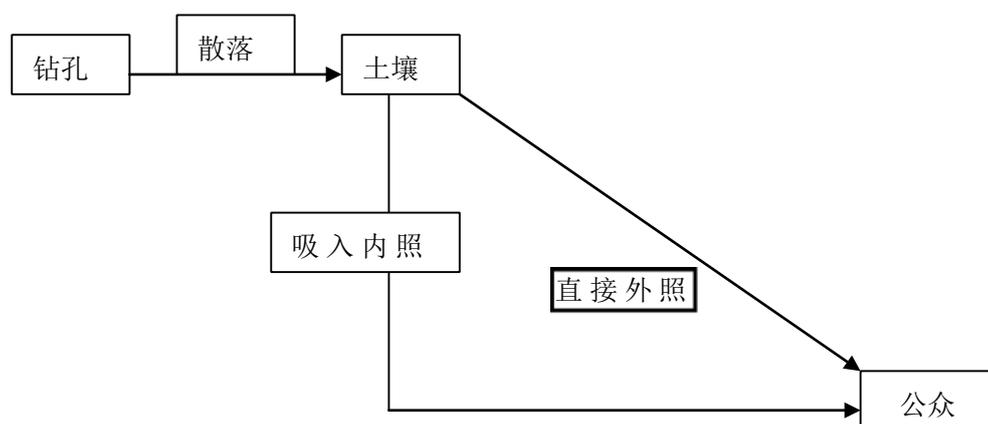


图 6.3-9 岩芯撒落的照射途径

表 6.3-30 污染土壤的放射性比活度和地表浓度

核素	300a		500a	
	土壤中核素比活度 (Bq/kg)	土壤表面比活度 (Bq/m ²)	土壤中核素比活度 (Bq/kg)	土壤表面比活度 (Bq/m ²)
C-14	2.01E+03	6.04E+05	1.97E+03	5.92E+05
I-129	2.09E+01	6.28E+03	2.09E+01	6.28E+03
Ni-63	2.41E+04	7.24E+06	5.68E+03	1.70E+06
Sr-90	8.11E+00	2.43E+03	6.92E-02	2.08E+01
Tc-99	2.93E+02	8.80E+04	2.93E+02	8.80E+04
Cs-137	2.04E+01	6.14E+03	2.01E-01	6.03E+01
Sm-151	5.33E+00	1.60E+03	1.14E+00	3.43E+02

(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 :

$$H = \sum_i C_i \cdot S \cdot g_{gi} \cdot t \quad (6.17)$$

式中, C_i 为核素 i 的地表浓度, Bq/m²; 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 6.3-28; t 为一年中照射的时间份额, 取 $t=0.3$ 。表 6.3-31 给出了岩芯撒落造成的个人外照射剂量, 由表可以看出, 300a、500a 年外照射所致个人剂量分别为 3.57×10^{-2} mSv/a 和 4.13×10^{-4} mSv/a, 剂量最大贡献者均为 ¹³⁷Cs。

(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 5×10^{-4} g/m³。表 6.3-31 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, 关闭后 300a, ⁶³Ni 是内照射剂量的最大贡献者, 年吸入内照射所致个人剂量为 6.26×10^{-5} mSv/a 关闭后 500a, ¹⁴C 是内照射剂量的最大贡献者, 年吸入内照射所致个人剂量为 2.95×10^{-5} mSv/a。

(3) 总剂量

由表 6.3-31 可以看出, 处置场关闭后 300 年、500a, 岩心洒落景象造成的最大个人剂量分别为 3.58×10^{-2} mSv/a 和 4.42×10^{-4} mSv/a, 小于本次设定的剂量控制值 1mSv/a。关键核素均为 ¹³⁷Cs, 关闭照射途径均为外照射途径。

表 6.3-31 岩芯洒落景象下公众吸入和外照射途径个人所受剂量

核素	300 年			500 年		
	外照射剂量 Sv/a)	吸入剂量 (Sv/a)	总剂量 (Sv/a)	外照射剂量 Sv/a)	吸入剂量 (Sv/a)	总剂量 (Sv/a)
C-14	0.00E+00	1.47E-08	1.47E-08	0.00E+00	1.44E-08	1.44E-08
I-129	0.00E+00	9.50E-10	9.50E-10	0.00E+00	9.50E-10	9.50E-10
Ni-63	0.00E+00	3.95E-08	3.95E-08	0.00E+00	9.30E-09	9.30E-09
Sr-90	2.55E-06	1.63E-09	2.55E-06	2.18E-08	1.40E-11	2.18E-08
Tc-99	6.60E-08	4.80E-09	7.08E-08	6.60E-08	4.80E-09	7.08E-08
Cs-137	3.31E-05	1.01E-09	3.31E-05	3.25E-07	9.87E-12	3.25E-07
Sm-151	7.68E-11	2.69E-11	1.04E-10	1.65E-11	5.77E-12	2.23E-11
合计	3.57E-05	6.26E-08	3.58E-05	4.13E-07	2.95E-08	4.42E-07

6.3.3.4 建房居住景象

假定在处置单元上方建房居住景象发生在处置单元关闭后 300 和 500 年，因挖地基剥去全部 5m 的覆盖层，计算房屋与废物之间有 0.5m 混凝土时 γ 外照射所致居住者个人剂量。将废物体看作是有一定厚度的无限大的核素均匀分布的平板体源，则体源没有屏蔽时的照射量率为：

$$X = \frac{2\pi M\Gamma}{\mu}(1 - E_2(\mu d)) \quad (6.18)$$

式中， X 为体源外近某点处的照射量率， $C\text{ kg}^{-1}\text{ s}^{-1}$ ； M 为处置场关闭后不同时期处置单元内某核素的体积比活度， Bq/m^3 ； Γ 为照射量率常数， $C\text{ m}^2\text{ kg}^{-1}\text{ Bq}^{-1}\text{ s}^{-1}$ ； μ 为混凝土对某种能量的 γ 射线的减弱系数， m^{-1} ； d 为体源的厚度， m 。查表得出 E_2 的值在 10^{-6} 数量级，远小于 1，可以忽略。考虑的主要核素为 ^{137}Cs 。

加屏蔽后照射量率 X_B 为：

$$X_B = BX \exp(-\mu L) \quad (6.19)$$

式中， B 为累积因子，见表 6.3-32。

由照射量率计算空气的吸收剂量率为：

$$D = 33.85 X_B \quad (6.20)$$

保守 ^{137}Cs 有效剂量率与空气吸收剂量率之比： $H=D$ ，按每天居住时间为 16 小时计算，其他参数取自文献《辐射防护导论》。

表 6.3-32 计算参数取值

核素	平均能量 (KeV)	混凝土 μ (m^{-1})	μd	B
Cs-137	662	17	8.5	28

表 6.3-33 给出了在顶盖厚度为 50cm 时，在顶盖上建房居住造成的个人年有效剂量，由表 6.34 可以看出，在处置场关闭后 300a、500a 时，在处置单元上建房造成的最大个人有效剂量分别为 $7.42 \times 10^{-1} mSv/a$ 、 $7.32 \times 10^{-3} mSv/a$ ，小于本次设定的剂量控制值 $1 mSv/a$ 。

表 6.3-33 建房居住景象剂量

时间	核素	M (Bq/m^3)	Γ	μd	B	T (s)	剂量 Sv/a
300a	Cs-137	1.39E+09	6.32E-19	8.5	28	3.16E7	7.42E-04
500a	Cs-137	1.37E+07	6.32E-19	8.5	28	3.16E7	7.32E-06

6.3.3.5 风蚀景象

本工程为半地上处置方式，根据西北戈壁特点，该地区风沙较大，风的侵蚀速率也较大，根据国家地震局地壳应力研究所研究，该地区风蚀速率约为每 10 万年侵蚀 5.4m，本工程覆盖层为 5m，再加上一层 50cm 厚的干净混凝土，则覆盖厚度为 5.5m，约 10 万年使得处置的废物裸露出来，保守假定处置场关闭后 5 万年裸露，人员在裸露的废物上建房居住。经过 5 万年以后，处置场剩余的主要核素及其比活度见下表 6.3-34。

表 6.3-34 处置场关闭后 5 万年剩余的核素及其比活度

核素	活度 (Bq)	比活度 (Bq/kg)
Tc-99	7.44E+13	9.30E+05
C-14	1.89E+12	2.36E+04
I-129	8.00E+12	1.00E+05

(1) 处置单元上方建房所受剂量

假定建房时建筑地基将所处置的废物挖出，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 6.3-35、表 6.3-36、表 6.3-37）。

根据 EJ/T 1191-2005 给出的计算公式：

$$H_{\text{外}} = C_{\text{soil}} \times DCF_{\text{外}} \times FA \times FD \times FC \times FO \quad (6.21)$$

式中： C_{soil} ：废物体中核素的比活度，Bq/g。

$DCF_{\text{外}}$ ：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 6.3-35 建房时建筑工人所受外照射剂量估算

核素	5 万年后剩余比活度 (Bq/g)	剂量转换因子 (mSv/a) / (Bq/g)	外照射剂量 (mSv/a)
Tc-99	9.30E+02	3.4E-5	1.76E-03
C-14	2.36E+01	3.6E-6	4.72E-06
I-129	1.00E+02	3.5E-3	1.94E-02

$$H_{\text{内吸}} = C_{\text{soil}} \times ASR \times DCF_{\text{内,吸}} \times FA \times FCD \times FI \times FO \quad (6.22)$$

式中： C_{soil} ：废物体中核素的比活度，Bq/g；

ASR ：空气/土壤浓度比，取值为 $5 \times 10^{-4} \text{g/m}^3$ ；

$DCF_{\text{内,吸}}$ ：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 6.3-36 建房时建筑工人吸入内照射剂量估算

核素	5 万年后剩余比活度 (Bq/g)	剂量转换因子 (Sv/Bq)	吸入内照射剂量 (mSv/a)
Tc-99	9.30E+02	1.3E-8	2.82E-03
C-14	2.36E+01	5.8E-9	3.19E-05
I-129	1.00E+02	3.6E-8	8.40E-04

$$H_{\text{内食}} = C_{\text{soil}} \times \text{FSI} \times \text{DCF}_{\text{内,食}} \times \text{FA} \times \text{FCD} \times \text{FI} \times \text{FO} \quad (6.23)$$

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 6.3-37 建房时建筑工人吸入内照射剂量估算

核素	5 万年后剩余比活度 (Bq/g)	剂量转换因子 (Sv/Bq)	食入内照射剂量 (mSv/a)
Tc-99	9.30E+02	6.4E-10	1.21E-03
C-14	2.36E+01	5.8E-10	2.78E-05
I-129	1.00E+02	1.1E-7	2.23E-02

表 6.3-38 给出了处置场关闭后 5 万年建筑工人所受剂量，由表可以看出，建筑工人所受剂量为 $4.84 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，小于本工程设定的剂量控制值 1mSv/a，关键核素为 I-129，关键途径为食入土壤内照射途径。

表 6.3-38 处置场关闭后 5 万年建房时建筑工人所受总剂量

核素	外照射 (mSv/a)	吸入内照射 (mSv/a)	食入内照射 (mSv/a)	总剂量 (mSv/a)	比例
Tc-99	1.76E-03	2.82E-03	1.21E-03	5.79E-03	12.0%
C-14	4.72E-06	3.19E-05	2.78E-05	6.44E-05	0.1%
I-129	1.94E-02	8.40E-04	2.23E-02	4.25E-02	87.9%
合计	2.12E-02	3.69E-03	2.35E-02	4.84E-02	100.0%
比例	43.7%	7.6%	48.7%	100.0%	

(2) 居住

房屋建成后，人员在内进行居住，假定房屋与处置废物之间有 30cm 厚混凝土地基，屋外绿化带直接种植在废物上，屋内时间为每天 16h，屋外时间每天 8h。

计算公式与建房时公式一致，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 $1 \times 10^{-4} \text{g/m}^3$ ；食入土壤内照射时间份额按照室外时间份额计算，约为 2/3。

$$H^* = H_0 \times 10^{-L / \Delta L} \quad (6.24)$$

式中：H*：屏蔽后所受的剂量，mSv/a；

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；

ΔL：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 ΔL 值见下表 6.3-39。

表 6.3-39 混凝土中主要核素的 ΔL 值**

核素	xL (cm)
Tc-99	5
C-14	5
I-129	5

注：*：查表，数值很小，基本小于 5cm，计算保守按 5cm 计算。

**：表中数据查自辐射防护导论，部分数据来自插值。

表 6.3-40~表 6.3-42 给出了处置场关闭 5 万年，废物裸露，人员在处置场上方建房造成的剂量，由表可以看出，此时，对居住人员造成的剂量为 0.424mSv/a，小于本工程设定的剂量控制值 1mSv/a，关键核素为 I-129，关键途径为食入内照射途径。

表 6.3-40 居住景象外照射剂量估算

核素	5 万年		
	室内所受剂量 (mSv/a)	室外所受剂量 (mSv/a)	外照射剂量 (mSv/a)
Tc-99	2.11E-08	1.05E-02	1.05E-02
C-14	5.66E-11	2.83E-05	2.83E-05
I-129	2.33E-07	1.17E-01	1.17E-01
合计	2.54E-07	1.28E-01	1.28E-01

表 6.3-41 居住景象内照射剂量估算

核素	5 万年		
	吸入内照射 (mSv/a)	食入土壤内照射 (mSv/a)	内照射剂量 (mSv/a)
Tc-99	1.02E-02	1.45E-02	2.47E-02
C-14	1.15E-04	3.33E-04	4.48E-04
I-129	3.02E-03	2.68E-01	2.71E-01
合计	1.33E-02	2.83E-01	2.96E-01

表 6.3-42 处置场关闭后 5 万年居住景象所受总剂量

核素	外照射 (mSv/a)	吸入内照射 (mSv/a)	食入内照射 (mSv/a)	总剂量 (mSv/a)	比例
Tc-99	1.05E-02	1.02E-02	1.45E-02	3.52E-02	8.3%
C-14	2.83E-05	1.15E-04	3.33E-04	4.76E-04	0.1%
I-129	1.17E-01	3.02E-03	2.68E-01	3.88E-01	91.6%
合计	1.28E-01	1.33E-02	2.83E-01	4.24E-01	100.0%
比例	30.1%	3.1%	66.8%	100.0%	

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。

工程运行期间，产生的放射性废气很小，基本不会对周围环境造成影响。事故考虑货包跌落事故，不会造成放射性物质大规模释放，不会对周围造成影响。

处置场关闭后，正常工况下，处置场一期一阶段对公众造成的最大个人有效剂量为 $3.27 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，小于剂量约束值 0.01mSv/a ，关键核素为 Tc-99，关键途径为食入内照射途径，出现在处置场关闭后的 6700 年。

闯入考虑的景象有处置场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、居住、风蚀（建房、建房居住）等景象。处置场边界打井景象最大个人年有效剂量为 $3.30 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，小于剂量控制值 1mSv/a ，出现在处置场关闭后的 6600 年，关键核素为 ^{99}Tc ，关键途径为食入内照射途径；处置场关闭后 300a 发生钻孔景象时，所致个人有效剂量为

$1.10 \times 10^{-2} \text{mSv/次}$ ，关键核素为 ^{63}Ni ，关键途径为吸入内照射途径，小于剂量控制值 5mSv/次 ；钻探后岩芯撒落景象所致个人剂量为 $3.58 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，小于剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{137}Cs ，关键途径为沉积外照射途径；关闭后 300a 在处置单元上方建房居住对公众造成的最大个人有效剂量为 0.742mSv/a ，小于剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{137}Cs ，关键途径为外照射途径。考虑风蚀景象，假定处置场关闭后 5 万年由于风蚀作用使得废物体裸露，公众在裸露的废物体上方建房居住，经计算，该景象对公众造成的最大个人有效剂量为 0.424mSv/a ，小于本工程设定的剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 I-129，关键途径为食入土壤内照射。

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) 监测本处置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处置场的运行及放射性废物处置工作是否正常有效；
- (4) 使公众确信处置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

(1) 运行前辐射环境本底监测

2020年8月，清原公司已经委托中国辐射防护研究院对整个场址周围的辐射环境本底开展调查工作，本底调查内容包括 γ 辐射剂量、空气、土壤、水、生物，监测项目包括总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{63}Ni 、总铀、 ^{99}Tc 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析(^{241}Am 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 、 ^{95}Nb 、 ^{95}Zr 和 ^{51}Cr)等。运行前辐射环境本底监测内容见表7.2-1。

目前，中辐院已经完成了第一次采样工作，正在进行数据分析和整理。

表 7.2-1 运行前辐射环境监测内容

介质	监测点位	监测项目
γ 剂量率	场区边界四个方位；1km 处的 12 个方位；3km 处的四个方位；生地湾农场和西移村。	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；SE、SW、NW、NE 方向 1km 处；生地湾农场和西移村。频次：半年一次。	总 α、总 β、总铀、 ⁹⁰ Sr、 ²³⁹ Pu 和 γ 谱分析 (²⁴¹ Am、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁵⁴ Mn、 ²³⁸ U、 ²²⁶ Ra、 ²³² Th、 ⁴⁰ K、 ⁹⁵ Nb、 ⁹⁵ Zr 和 ⁵¹ Cr)
生物	生地湾农场的主要粮食作物、蔬菜、家禽、家畜以及戈壁滩的骆驼草。频次：一年一次。	总 α、总 β、总铀、 ⁹⁰ Sr 和 γ 谱分析 (²⁴¹ Am、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁵⁴ Mn、 ⁹⁵ Nb、 ⁹⁵ Zr 和 ⁵¹ Cr)
气溶胶	场址边界下风向、生地湾农场和西移村。频次：半年一次。	总 α、总 β、 ³ H、总铀、 ⁹⁰ Sr 和 γ 谱分析 (²⁴¹ Am、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁵⁴ Mn、 ⁹⁵ Nb、 ⁹⁵ Zr 和 ⁵¹ Cr)
地下水	场区 2 个监测井、生地湾农场和西移村，频次：半年一次。地下水位，频次：每月一次。	总 α、总 β、 ³ H、 ¹⁴ C、 ⁶³ Ni、总铀、 ⁹⁰ Sr、 ⁹⁹ Tc、 ²³⁹ Pu 和 γ 谱分析 (²⁴¹ Am、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁵⁴ Mn、 ⁹⁵ Nb、 ⁹⁵ Zr 和 ⁵¹ Cr)

(2) 运行前非放环境本底监测

2021 年清原公司将委托有资质单位对场址区地下水非放环境本底值进行监测，地下水非放环境本底监测内容包括：pH 值、电导率、浑浊度、总硬度、溶解性总固体、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、挥发性酚、总氰化物、高锰酸盐指数、氟化物、砷、汞、镉、六价铬、铁、锰、大肠菌群，监测频次为：2021 年枯水期和丰水期各一次。

7.3 施工期间的环境监测

施工期间，委托有资质单位对处置场周围环境开展非放监测。监测计划见表 7.3-1。

表 7.3-1 施工期间环境监测计划

介质	监测内容	监测点位	监测频次
空气	TSP	处置场区域四周各布设一个点位	1 次/季度
噪声	等效连续 A 声级	处置场区域四周各布设一个点位	1 次/季度

7.4 运行期间和关闭后阶段的环境监测和流出物监测

由于极低放废物填埋场和低放废物处置场在同一围墙内，由清原公司统一运行，环境监测也统一由清原公司负责，清原公司编制了《龙和低放废物集中处置场和金塔极低放废物填埋场流出物与环境监测大纲》，针对低放废物处置场具体内容如下：

7.4.1 流出物监测

7.4.1.1 废水

低放废物处置场产生的废水总 α 、总 β 监测由清原公司自行监测。

(1) 运行期间流出物监测

作业过程中人员、衣服受到污染进行冲洗时产生的放射性废水，该废水排放于低放废物接收与贮存厂房的收集池。在对低放废物接收与贮存厂房的收集池中废水进行监测后，若废水中放射性指标满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996)：总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 时，排放至污水处理站处理；若不满足要求则就地固化处理后进行最终处置。

车辆、设备作业过程中受到污染经擦拭去污后冲洗产生的放射性废水，该废水集中排放于生产用车库废水收集池中。在对生产用车库的收集池中废水进行监测后，若废水中放射性指标满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996)：总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 时，排放至污水处理站处理；若不满足要求则就地固化处理后进行最终处置。

(2) 关闭后流出物监测

低放废物处置场关闭后无废水产生，不需监测。

7.4.1.2 废气

低放废物处置场废气产生量很少，不需监测。

7.4.2 环境监测

低放废物处置场在运行期间和关闭后环境监测项目如下所示：

(1) 环境陆地 γ 辐射剂量监测。

(2) 土壤中放射性核素 Cs-137、Co-60、Sr-90、Pu-239、总 U、总 α 、总 β 的放射性比活度监测；其中总 U 监测为极低放填埋场环境监测关键核素。

(3) 地下水中放射性核素 Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Tc-99、Pu-239、总 U、H-3、总 α 、总 β 的放射性比活度监测；其中总 U 监测为极低放填埋场环境监测关键核素。

(4) 生物中放射性核素 Cs-137、Co-60、Sr-90、Pu-239、总 U、总 α 、总 β 的放射性比活度监测；其中总 U 监测为极低放填埋场环境监测关键核素。

(5) 气溶胶中放射性核素 Cs-137、Co-60、Sr-90、H-3、总 U、总 α 、总 β 的放射性比活度监测；其中总 U 监测为极低放填埋场环境监测关键核素。

环境监测项目中，清原公司负责 γ 辐射剂量率测量；土壤、地下水、生物和气溶胶样品中的放射性核素 Cs-137、Co-60、总 α 、总 β 的放射性比活度监测；以及废水中总 α 、总 β 的放射性比活度监测。其他监测项目需委托给有资质的第三方监测。

7.4.3 监测范围、点位和频次

(1) 运行期间流出物和环境监测的范围、点位和频次见表 7.4-1。

表 7.4-1 运行期间流出物和环境监测计划

介质	监测点位	监测项目	监测频次	
环境	γ 剂量率	场区边界四个方位； 1km 处的 12 个方位； 3km 处的四个方位；生地湾农场和西移村。	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；SE、SW、NW、NE 方向 1km 处；生地湾农场和西移村。	总 α，总 β，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Pu-239 和总 U 等)	1 次/半年
	生物	生地湾农场蔬菜和戈壁滩骆驼草。	总 α，总 β，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Pu-239 和总 U 等)	1 次/年
	气溶胶	场区上风向 1 个对照点，下风向 1 个监测点。以及低放废物接收与贮存厂房下风向 100m 处 1 个监测点。生地湾农场和西移村。	总 α，总 β，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、H-3 和总 U 等)	1 次/季
	地下水	场区上下游监测井，生地湾农场和西移村。	总 α，总 β，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Tc-99、Pu-239、总 U 和 H-3 等)	1 次/半年
地下水位		—	1 次/月	
流出物	去污淋浴废水、洗车废水	废水收集池	总 α，总 β	排放前

(2) 关闭后流出物和环境监测的范围、点位和频次见表 7.4-2。另外，根据监测情况，适当调整监测频次。

表 7.4-2 关闭后流出物和环境监测计划

介质		监测点位	监测项目	监测频次
环境	γ 剂量率	场区边界四个方位； 1km 处的 12 个方位； 3km 处的四个方位；生地湾农场和西移村。	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/半年
	土壤	场区边界外东、南、西、北四侧各布设一个点位；SE、SW、NW、NE 方向 1km 处；生地湾农场和西移村。	总 α，总 β，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Pu-239 和总 U 等)	1 次/年
	生物	生地湾农场蔬菜和戈壁滩骆驼草。	总 α，总 β，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Pu-239 和总 U 等)	1 次/年
	气溶胶	场区上风向 1 个对照点，下风向 1 个监测点。生地湾农场和西移村。	总 α，总 β，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、H-3 和总 U 等)	1 次/半年
	地下水		场区上下游监测井，生地湾农场和西移村。	总 α，总 β，核素分析 (Cs-137、Co-60、Sr-90、Ni-63、C-14、Tc-99、Pu-239、总 U 和 H-3 等)
		地下水位	—	1 次/季

7.4.4 监测分析项目、仪器及方法

监测分析项目、仪器及方法见表 7.4-3。

表 7.4-3 监测分析项目、仪器及方法

环境介质	监测分析项目或核素	监测分析方法	仪器
外照射	γ 辐射剂量率	直接测量法	便携式 X- γ 剂量率仪
土壤	^{137}Cs	GB11743-2013	高纯锗 γ 谱仪
	^{60}Co	GB11743-2013	高纯锗 γ 谱仪
	^{90}Sr	EJ/T 1035-2011	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	^{239}Pu	HJ 814-2016	低本底 α 谱仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
地下水	^{137}Cs	GB/T16140-2018	高纯锗 γ 谱仪
	^{60}Co	GB/T16140-2018	高纯锗 γ 谱仪
	^{90}Sr	HJ815-2016	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	^{63}Ni	GB/T 14502-1993	低本底液闪谱仪
	^{99}Tc	萃取法	低本底液闪谱仪
	^{14}C	ISO 13162:2011	低本底液闪谱仪
	^{239}Pu	HJ 814-2016	低本底 α 谱仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	^3H	GB12375-1990	低本底液闪谱仪
	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
生物	^{137}Cs	GB/T 16145-2020	高纯锗 γ 谱仪
	^{60}Co	GB/T 16145-2020	高纯锗 γ 谱仪
	^{90}Sr	HJ815-2016	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	^{239}Pu	GB/T 16141-1995	低本底 α 谱仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
气溶胶	^{137}Cs	GB/T 16145-2020	高纯锗 γ 谱仪
	^{60}Co	GB/T 16145-2020	高纯锗 γ 谱仪
	^{90}Sr	HJ815-2016	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
	^3H	GB12375-1990	低本底液闪谱仪
	总 U	HJ 840-2017	激光微量铀分析仪
	总 α 、总 β	EJ/T 1075-1998 EJ/T 900-1994	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
废水	总 α 、总 β	HJ 898-2017 HJ 899-2017	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪

7.5 文件和记录

辐射环境监测及监护过程中的主要活动应以文件的形式记录下来。文件和记录应严格按国家标准规范进行。

7.5.1 文件的编制、审核和批准

(1) 辐射环境监测和监护有关的文件，根据具体情况确定各个文件编写的部门和成员以及审核和批准的部门和成员。明确审核批准的人员有权查阅作为审核和批准依据的有关背景资料。

(2) 编制的文件和资料均应有明确的标识，包括文件标题、编号、版本、发布日期、编制、审核、审定、变更和批准等。

7.5.2 文件的发布和分发

(1) 辐射环境监测和监护相关的文件由公司相关主管领导批准发布，由处置工程部分发，文件分发必须有签收记录。

(2) 在发放经修改或变更后的新文件时应收回作废的原文件，进行销毁。如为积累资料所保留的任何作废的文件和资料，都应盖上“作废”的印章，以防误用。

7.5.3 文件变更控制

为确保文件和资料更改的正确性，并使各部门和人员只能使用经批准的更改文件，文件和资料的更改应遵循以下原则：

(1) 文件和资料的更改，一般由原制订部门进行，更改后由原审批部门组织审批：

(2) 若指定其他部门审批时，该部门应获得审批所需依据的有关背景资料；

(3) 应充分考虑更改所引起的一切影响，必要时，采取协调措施，以确保对受影响的其他文件做相应的更改；

(4) 文件更改应保证其所有受控文件均已更改，保持其一致性；

(5) 为方便说明文件的现行修改状态，应编制控制清单或相应的文件控制程序，以防使用失效和作废的文件。

7.6 质量控制

为确保周边环境安全及附近居民健康，对项目辐射环境监测及监护计划进行严格的质量控制。

7.6.1 监测分析仪器的质量控制

环境陆地 γ 辐射剂量率监测仪器、表面 α 、 β 污染监测仪器定期送进行刻度。使用便携式 X- γ 剂量率仪过程中，用检验源检验，以检验仪器的稳定性，另仪器在使用前在稳定辐射场进行测量以确保仪器的准确性和稳定性。

土壤样品分析中所用仪器符合技术规范，性能稳定。地下水、气溶胶以及植物样品分析测量所用仪器均应符合技术规范要求，性能正常稳定。

7.6.2 监测分析方法的质量控制

环境陆地 γ 辐射剂量率的测量按照《环境陆地 γ 辐射剂量率测定规范》中的方法进行。在每个测点测量时仪器探头水平线距离地面 1m 高度，读数间隔 10s，每组读数 10 个。按照 Grubbs 法则剔除不合理读数，计算陆地 γ 辐射剂量率值。

土壤样品的采集按规范方法进行：样品装入衬有塑料袋的布袋中运回实验室，以防污染。样品的分析中均进行空白试验、加标回收率试验，并抽取 10% 样品进行平行双样分析，以检验检测分析结果的可靠性。

水样中各分析项目的分析均进行加标回收率试验、实验室平行双样分析等，以检验分析结果的可靠性。

气溶胶分析试验中各项目均进行空白试验和加标回收率试验，以减少分析过程误差，并进行实验室平行双样分析。

植物样品的分析方法采用标准方法进行，试验中进行空白试验、加标回收率试验，以减少分析过程误差，为检验分析结果的准确性，进行实验室平行双样分析。

7.6.3 监测分析人员的质量控制

监测人员均经过岗位培训，持证上岗。

7.6.4 监测数据、报告的质量控制

放化分析结果经常进行实验室间比对，相关分析结果具有较好的可比性；监测报告实行多级审核制度，确保监测、放化分析结果科学、有效、公正。

第八章 处置场建造和运行的效益分析

8.1 利益分析

8.1.1 处置能力

根据可行性研究报告，处置场规划处置容量 100 万 m^3 ，分期规划，一期工程规划 24 万 m^3 ，分阶段建设，一期一阶段建设处置容量 4 万 m^3 ，共 20 个处置单元。本项目接收并处置来自于全国范围内的核电厂和其他领域产生的低放固体废物。

8.1.2 安全效果

根据 3.1 节中对处置源项的分析，处置场中可能对环境产生影响的放射性核素有 Co-60、Ni-63、Sr-90、Tc-99、Cs-137 等。本项目投入运行后，包含上述核素的低放废物包将被安放在处置单元内，按照 3.3 节中处置单元设计和 3.4 节中处置工艺，在处置场的使用期限和关闭后的 300 监管期限内，处置单元形成了完整、有效的工程屏障，限制废物中所含放射性核素向环境的迁移，以免对处置场四周的土壤和地下水造成污染。

8.1.3 经济利益

8.1.3.1 直接经济利益

出于处置场正常运行的需要，营运单位将根据本项目的建造投资、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处置场运送废物之前都必须向处置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

若处置场每年处置 4000 m^3 废物，经济分析表明，按照我国现行的税收制度，处置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

在处置场投入运行后，可处置来自于全国范围内的核电厂和其他领域产生的低放废物，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 消除低放废物的暂存隐患

处置场投入运营后，来自于全国范围内的核电厂和其他领域产生的低放废物将得到安全处置，消除了各单位低放废物暂存带来的隐患。

8.1.4.2 增加就业机会

处置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。在处置场关闭后的监护期间，仍需少量工作人员。同时，为处置场建设和运行提供材料、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

由于处置场的建造，需对道路进行拓宽或改造，改善了交通条件。道路边及处置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

处置场建设项目一期一阶段总投资为 28000 万元，其中：建筑工程费为 21000 万元，其他费用为 5000 万元，基本预备费 2000 万元。

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，职工工资及福利等，以及关闭监护费用，折合低放废物处置成本为 38000 元/m³（不含运输费用）。

8.2.2 社会代价

处置场建设过程中，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。

处置场的运输包括施工期间设备、建筑材料的运输，运行期间低放废物包的运输等，将对当地的交通运输造成一定的运输负担。

处置场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 环境代价

处置场场址 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。处置场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。

处置场运行期间，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，在处置场关闭后，可能发生人为侵扰或闯入景象，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

经核算，处置场处置成本为 38000 元/m³，收费标准为 50000 元/m³（仅包括接收处置、维护、监护等费用，不包括运输费用），效

费比为 0.76。

8.3.2 社会效益

处置场一期一阶段的建成，使得约 4 万 m³ 的低放废物得到安全处置，消除了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，因处置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

处置场采用处置单元对低放废物进行安全的处置处置，减少了上述废物对环境的影响，改善了环境。

处置场建设的主要目的就是为了解决国内积存和即将产生的大量低放固体废物，属于环保投资项目，设施的建成，将解决低放废物治理问题，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

龙和低放废物处置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，本项目主要接收处置来自全国范围内核电站和其他领域产生的低水平放射性固体废物。

龙和低放废物处置场总规划处置容量 100 万 m^3 ，分期规划，一期工程规划 24 万，分阶段建设，一期一阶段建设处置容量 4 万 m^3 ，共 20 个处置单元。

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 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。

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 NO_x 、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尘。

施工人员生活污水产生量以 $0.06 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{人}$ 计，本工程建设的施工人员约 150 人，则生活污水的产生量约为 $9\text{m}^3/\text{d}$ ，主要污染因子为 COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。

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。

工程场地平整挖方量约 6.8 万 m^3 ，填方量约 3 万 m^3 ；低放废物处置单元 (01) 基坑深度约 5m，基坑土石方开挖量约 5 万 m^3 ；剩余的土石方临时堆放在场区南侧的预留场地，在处置场覆盖时再利用。

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 300t。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，本工程建设的施工人员约 150 人，则生活垃圾产生量约为 0.075 t/d，生活垃圾收集后送垃圾场处置处理。

(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

废水包括有污染可能的特下水和无污染的生产生活污水。

生产区的特下水，包括卫生通过间淋浴和洗衣废水、生产用车库房洗车废水的排水。该部分排水单独收集到配套的集水池并检测，

合格时排入污水处理站处理；不合格时，收集后就地进行水泥固化处理。

其余排水全部为生产生活污水，包括职工生活、非放射性区域淋浴排水，排水量约 $17.7\text{m}^3/\text{d}$ ，全部收集后排入污水处理站处理，处理完成满足标准后用于厂区绿化，生活污水处理系统设计处理规模 $24\text{m}^3/\text{d}$ ，满足要求。

(2) 废气

本工程处置的废物包装体为已整備好的废物桶、废物箱等，货包的表面污染水平较低，需满足 $\alpha \leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta \leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。在正常情况下，不会有放射性物质大规模的释放，因此，进入到空气中的放射性物质很少，放射性废气对周边造成的影响也很小。

(3) 固体废物

低放废物处置场每年将产生少量的擦拭检测纸、手套、工作服、不易去污的物件等工艺固体废物，经检测，如果超标的废物将装入 200L 桶中在，收集到一定量，并经检测和整備后，按照放射性废物分类，送极低放填埋场或低放废物处置场处置。同时，对产生的生活垃圾进行收集，统一处理。

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。

工程运行期间，产生的放射性废气很小，基本不会对周围环境造成影响，天空反散射对周围人员造成的最大个人剂量为 $5.87\mu\text{Sv}/\text{a}$ ，小于本工程运行期间剂量约束值 $0.01\text{mSv}/\text{a}$ 。事故考虑货包跌落事故，不会造成放射性物质大规模释放，不会对周围造成影响。

处置场关闭后，正常工况下，处置场一期一阶段对公众造成的最大个人有效剂量为 $3.27 \times 10^{-4}\text{mSv}/\text{a}$ ，小于剂量约束值 $0.01\text{mSv}/\text{a}$ ，

关键核素为 Tc-99，关键途径为食入内照射途径，出现在处置场关闭后的 6700 年。

闯入考虑的景象有处置场边界打井、钻孔、钻孔后岩心洒落、居住、风蚀（建房、建房居住）等景象。处置场边界打井景象最大个人年有效剂量为 $3.30 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，小于剂量控制值 1mSv/a ，出现在处置场关闭后的 6600 年，关键核素为 ^{99}Tc ，关键途径为食入内照射途径；处置场关闭后 300a 发生钻孔景象时，所致个人有效剂量为 $1.10 \times 10^{-2} \text{mSv/次}$ ，关键核素为 ^{63}Ni ，关键途径为吸入内照射途径，小于剂量控制值 5mSv/次 ；钻探后岩芯撒落景象所致个人剂量为 $3.58 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，小于剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{137}Cs ，关键途径为沉积外照射途径；关闭后 300a 在处置单元上方建房居住对公众造成的最大个人有效剂量为 0.742mSv/a ，小于剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 ^{137}Cs ，关键途径为外照射途径。考虑风蚀景象，假定处置场关闭后 5 万年由于风蚀作用使得废物体裸露，公众在裸露的废物体上方建房居住，经计算，该景象对公众造成的最大个人有效剂量为 0.424mSv/a ，小于本工程设定的剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 I-129，关键途径为食入土壤内照射。

9.5 承诺

(1) 处置场申请运行前按要求进行辐射环境本底监测。

(2) 在后续阶段报告书中，持续关注地下水对处置场的影响，按照放射性废物处置设施安全全过程系统分析的要求开展地下水对处置场安全影响评价。

(3) 针对关闭后覆盖层抗风蚀和环境协调方面进行详细设计，降低处置单元在关闭后风蚀的影响，以及覆盖层与周围环境进行高度融合。

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。

附件一：选址阶段环评批复

中华人民共和国生态环境部

环审〔2020〕148号

关于龙和近地表处置场建设项目 场址阶段环境影响报告书的批复

中国核工业集团有限公司：

你公司《关于指定中核清原环境技术工程有限责任公司负责开展金塔处置场建设项目前期具体工作的说明》（中核经管发〔2020〕711号）、甘肃省发展和改革委员会《关于上报核电中低放废物集中处置国家公司组建方案及场址报告的报告》（甘发改能源〔2020〕583号）、中核清原环境技术工程有限责任公司《关于项目名称变更的请示》（清原处发〔2020〕59号）及相关申请材料收悉。经研究，批复如下。

一、本项目位于甘肃省酒泉市核技术产业园内，拟建设一座

百万立方米处置容量的近地表处置场，作为全国范围低水平放射性废物处置的兜底方案，该项目的建设对于核能事业的持续发展具有重要的意义。

项目选址符合国务院确定的核电废物“集中+区域”处置的选址政策，符合甘肃省关于生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，与核技术产业园的总体规划相容。

二、《龙和近地表处置场建设项目场址阶段环境影响报告书》（以下简称报告书）的格式与内容满足国家相关法规和标准的要求，确定的剂量管理目标值合理，选用的评价标准、模式和参数合理，评价结论可信。该项目运行期对环境的影响很小，对公众的剂量满足剂量管理目标值的要求，关闭后各种情况下的辐射剂量也均满足剂量管理目标值的要求。

我部同意你公司代表组建中的合资公司按照报告书中所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。

三、你公司在本项目工程设计及后续阶段应做好以下工作。

（一）充分考虑源项，合理设定本项目的接收准则，确保各种来源的低水平放射性废物符合本项目的接收要求；

（二）结合场址条件，优化处置单元设计，避免风蚀对本项目的影响，并保持与当地自然环境状态的和谐；

(三) 持续关注地下水对本项目的影响；

(四) 积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

四、项目应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。

五、报告书经批准后，项目的性质、规模、地点或者采取的环境保护措施发生重大变动的，应当重新报批项目环境影响报告书。

六、我部委托甘肃省生态环境厅配合西北核与辐射安全监督站，负责该项目的环境保护监督检查工作。

七、你公司应在收到本批复后 20 个工作日内，将批准后的报告书分送西北核与辐射安全监督站和甘肃省生态环境厅，并接受其监督检查。



(此件依申请公开)

附件二： 选址阶段承诺及环评批复的落实情况

2020年8月，中核清原委托中国辐射防护研究院编制《龙和近地表处置场建设项目场址阶段环境影响报告书》，2020年12月，生态环境部下文（环审[2020]148号）（见附件一）批复了该报告，本报告是继上一阶段后申请建造阶段的环境影响报告书。本阶段与上一阶段在设计上存在变更，同时，报告书对上一阶段环评批复及报告书中承诺事项进行了落实，具体内容如下：

一、主要的设计变更

本阶段与上阶段相比，主要的设计变更为源项的变化，在上阶段，处置场一期一阶段接收的废物包括核电废物以及其他领域（退役、HCL等）产生的低水平放射性废物，本阶段设计明确只接收核电运行产生的废物，因此，本阶段处置的废物源项中将不包括超铀核素。

二、选址阶段环评批复文件要求及落实情况

要求一：充分考虑源项，合理设定本项目的接收准则，确保各种来源的低水平放射性废物符合本项目的接收要求。

落实情况：

在设计阶段明确，处置场一期一阶段只接收核电运行产生的低放废物，因此，本阶段处置的废物源项中将不包括超铀核素。同时，在源项调查的基础上，考虑一定的保守裕量，结合其它处置场限值，参考《放射性废物分类》，对主要核素 Ni-63、Sr-90 和 Cs-137 的活度限值进行了调整。具体情况见 3.1.2 节中表 3.1-6。

要求二：结合场址条件，优化处置单元设计，避免风蚀对本项目的影响，并保持与当地自然环境状态的和谐。

落实情况：

项目建设单位承诺后续针对关闭后覆盖层抗风蚀和环境协调方面进行详细设计，降低处置单元在关闭后风蚀的影响，以及覆盖层与周围环境进行高度融合。

要求三：持续关注地下水对本项目的影响。

落实情况：

处置场场地现预留有 2 口观测井，自 2020 年 7 月起，后续每个月都由勘查单位对地下水水位进行测量，从目前观测情况看，场地地下水维持在-13m 左右。同时，建设单位承诺将持续观测地下水水位变化情况。

要求四：积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

落实情况：

建设单位承诺，将继续做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

三、选址阶段环评承诺的落实情况

承诺一：处置场申请运行前按要求进行辐射环境本底监测。

落实情况：

清原公司已委托中国辐射防护研究院开展本底调查工作，目前已经完成本底调查方案的编制，并按照调查方案完成了第一轮采样工作，目前正在分析。后续将按照制定的本底调查方案，继续开展监测和分析，预计 2022 年上半年完成本底调查。

承诺二：在后续阶段报告书中，持续关注地下水对处置场的影响，按照放射性废物处置设施安全全过程系统分析的要求开展地下水对处置场安全影响评价。

落实情况：

处置场场地现预留有 2 口观测井，自 2020 年 7 月起，后续每个月都由勘查单位对地下水水位进行测量，从目前观测情况看，场地地下水维持在-13m 左右。同时，建设单位承诺将持续观测地下水水位变化情况，后续开展处置场安全全过程系统分析时重点对地下水对处置场的安全影响进行分析和评价。

承诺三：在后续阶段报告书中，充分考虑处置场的源项，合理设定处置场接收准则，确保各种来源的低放废物符合处置场要求。

落实情况：

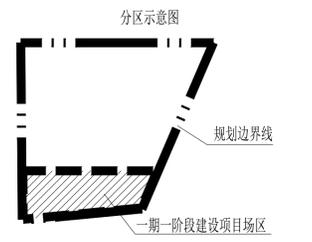
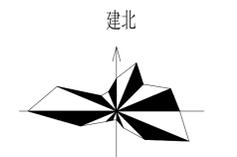
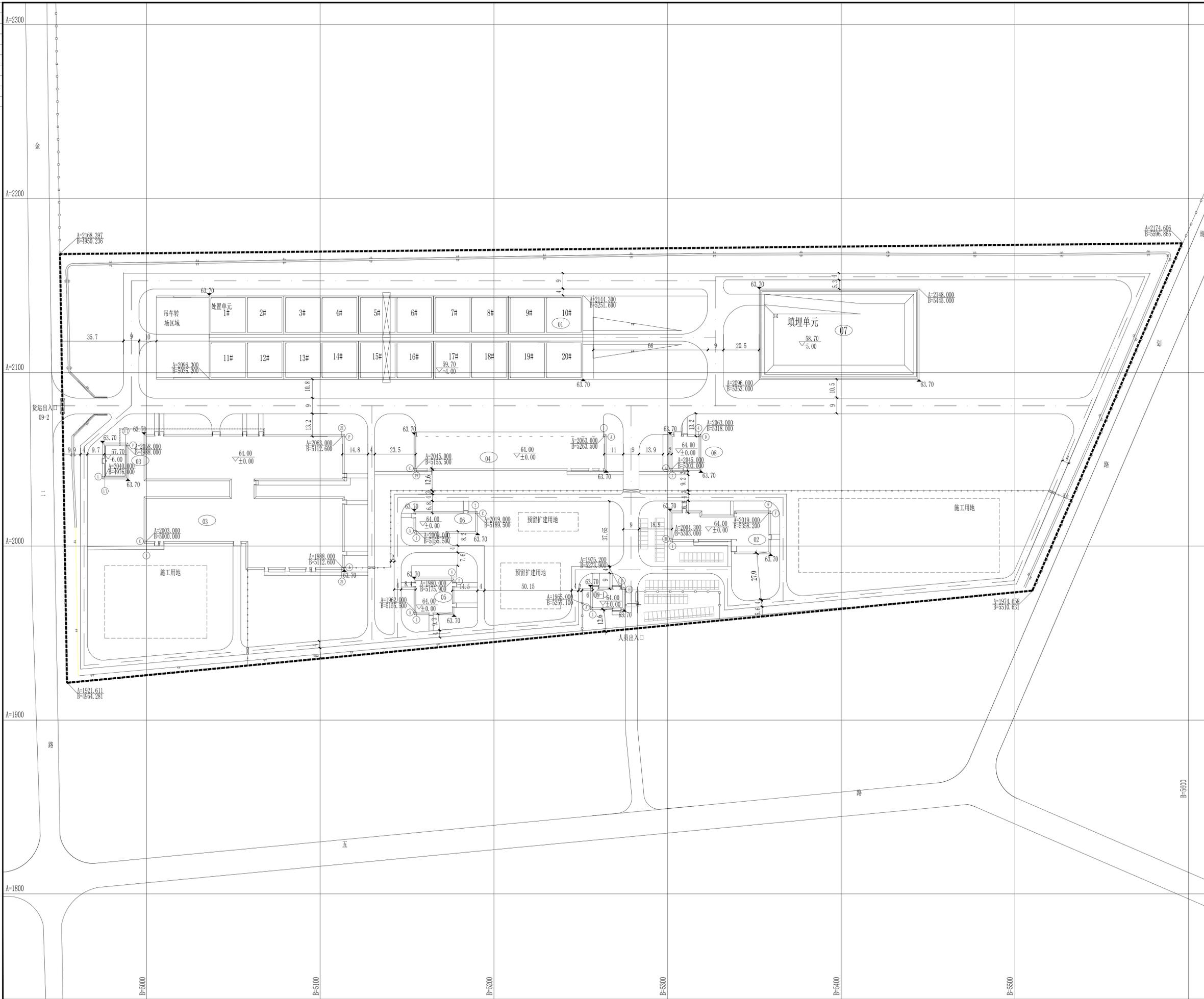
见环评批复落实情况第一条。

承诺四：在后续阶段报告书中，结合场址条件，优化处置单元的设计，并根据优化后的设计进行评价。

落实情况：

根据厂址水文地质条件，现阶段设计的处置单元地板距离场区地下水位约 6-7m，现阶段处置单元设计是经过充分考虑后的结果。建设单位承诺，后续针对关闭后覆盖层抗风蚀和环境协调方面进行详细设计，确保处置单元关闭后避免风蚀的影响，以及覆盖层与周围环境进行高度融合。

工号 签字及日期
 制图



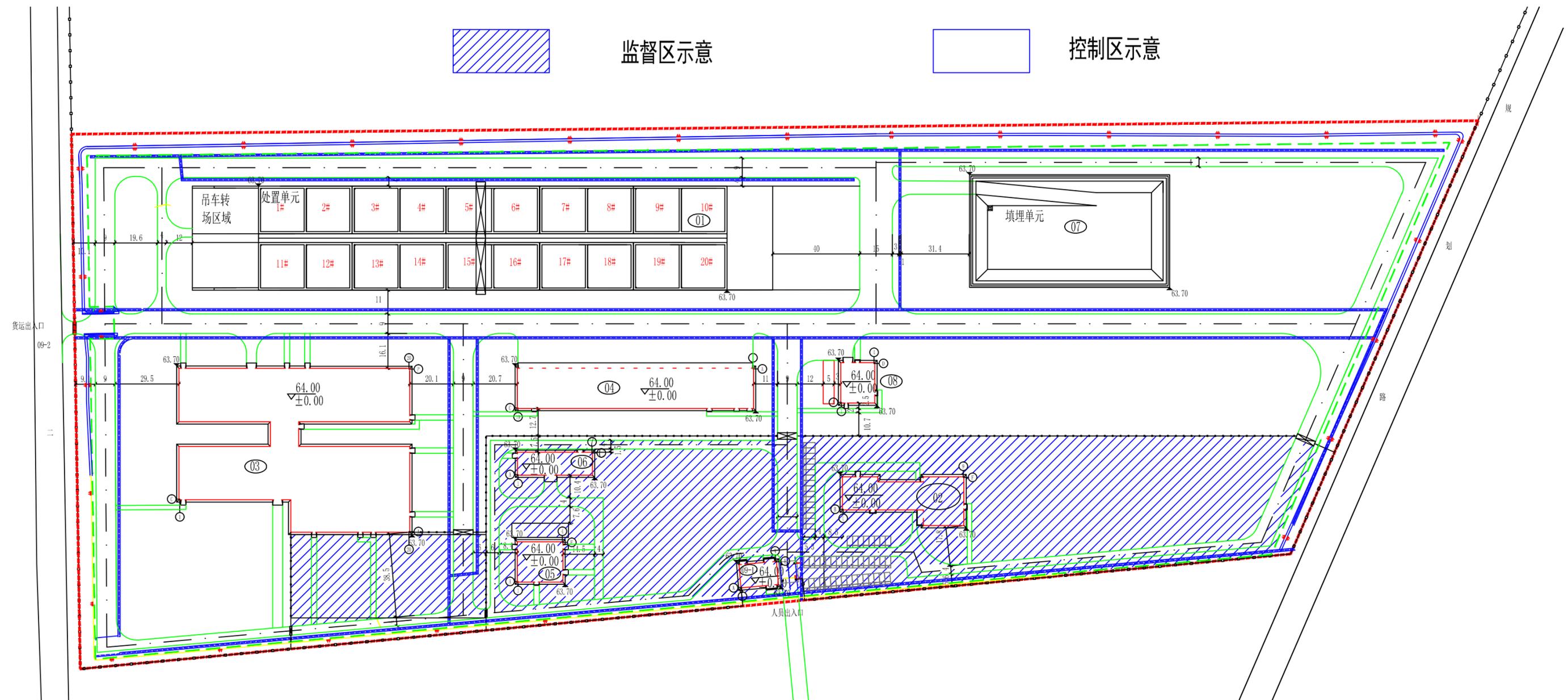
建筑物子项一览表

子项号	子项名称
01	低放废物处置单元
02	综合办公楼
03	低放废物接收与贮存厂房
04	生产用车库
05	供暖站
06	污水处理站
07	极低放废物处理单元(未在本项目范围内)
08	极低放废物接收综合厂房(未在本项目范围内)
09-1	人员出入口
09-2	货运出入口

- 图例:
- 处置单元
 - 建筑物
 - 新建道路
 - 新建围栏
 - 用地边界线
 - 本期已批地产边界线
 - 围栏大门
 - 室内地坪标高
 - 边坡及挡洪设施
 - 室外标高
 - 轴线交点坐标

说明:
 1. 坐标系统采用场区建筑坐标系, 高程系统采用1985国家高程基准。
 2. 所注坐标、标高、距离单位均以米计。
 3. 所注距离为建、构筑物外墙之间及与道路边缘、围栏中心线的尺寸。

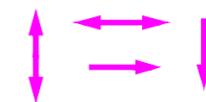
附图4.3-1 场区总平面布置图



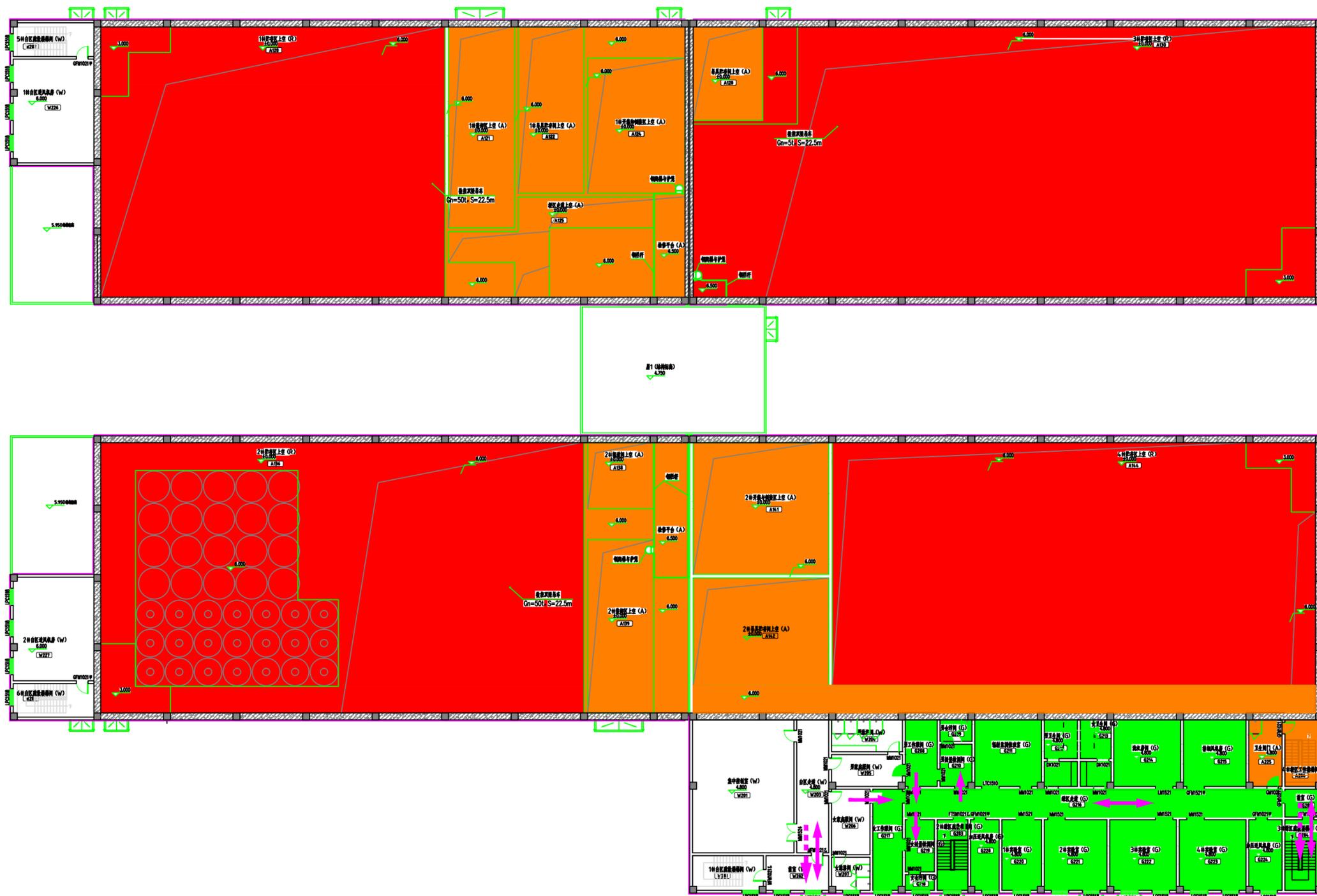
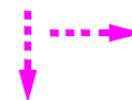
附图5.2-1 处置场一期一阶段场区辐射分区示意图

红区	
橙区	
绿区	
白区	

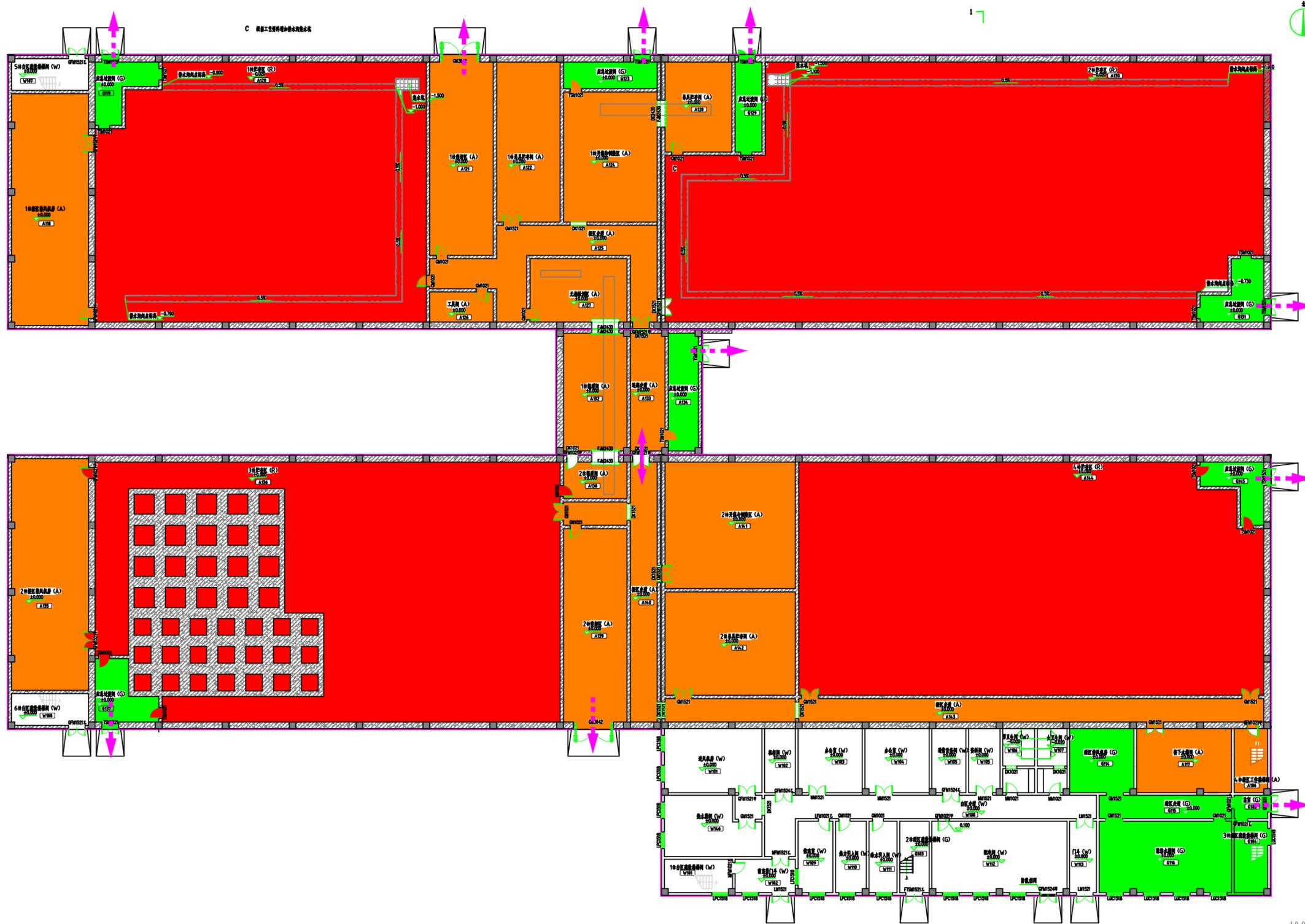
人员通行走向



应急通行

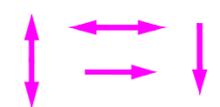


中国核能工程有限公司 CNPE					
工程名称	2025	2025	03	册号	册数 5.2-2
工程地点	福建长乐核电3号机组厂房				阶段
工程阶段	+4.800m楼层分区图				专业
设计日期					日期
设计人					审核
校对					日期
审核					日期
批准					日期

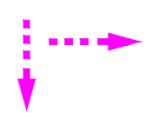


红区	
橙区	
绿区	
白区	

人员通行走向

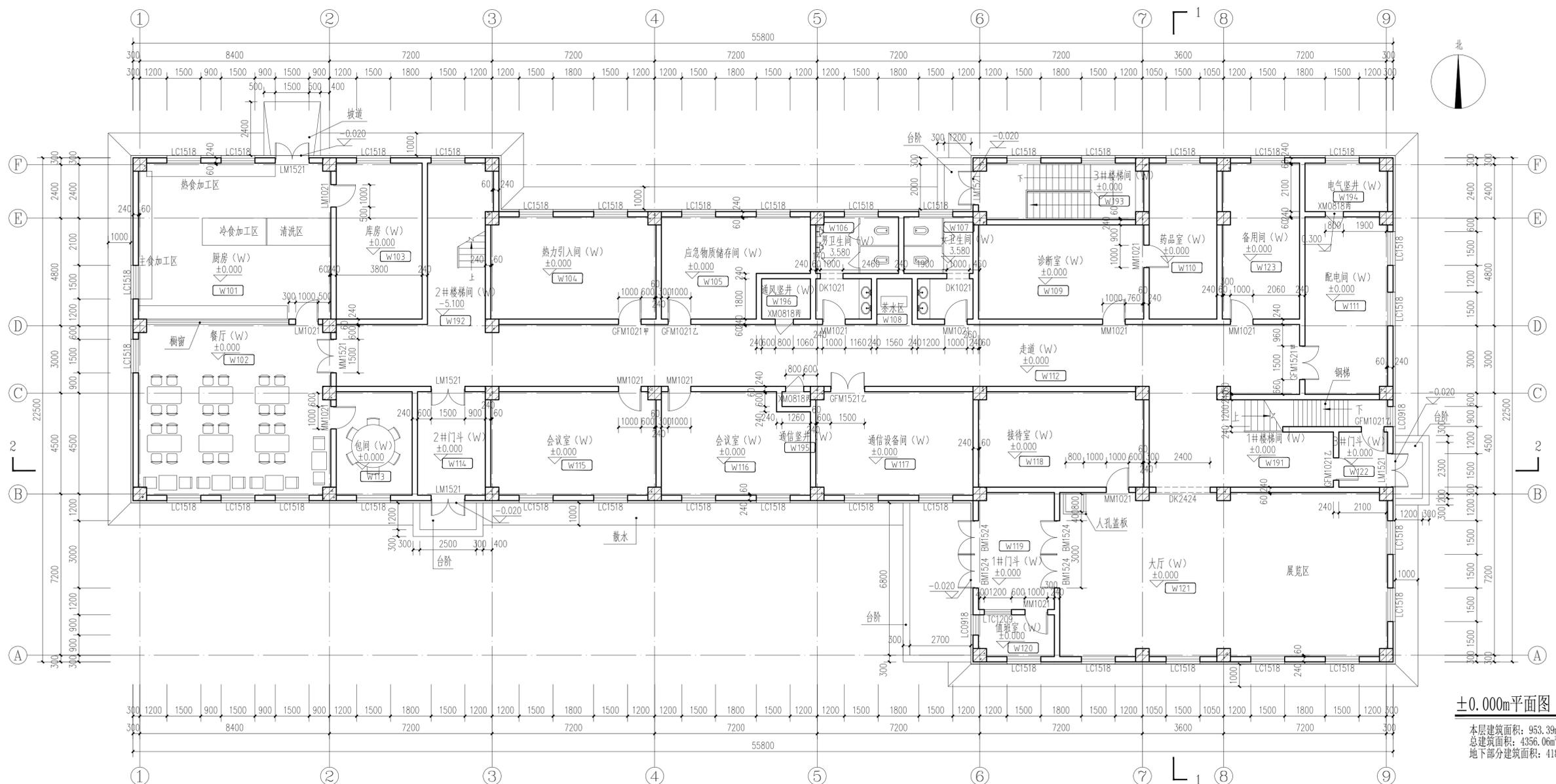


应急通行



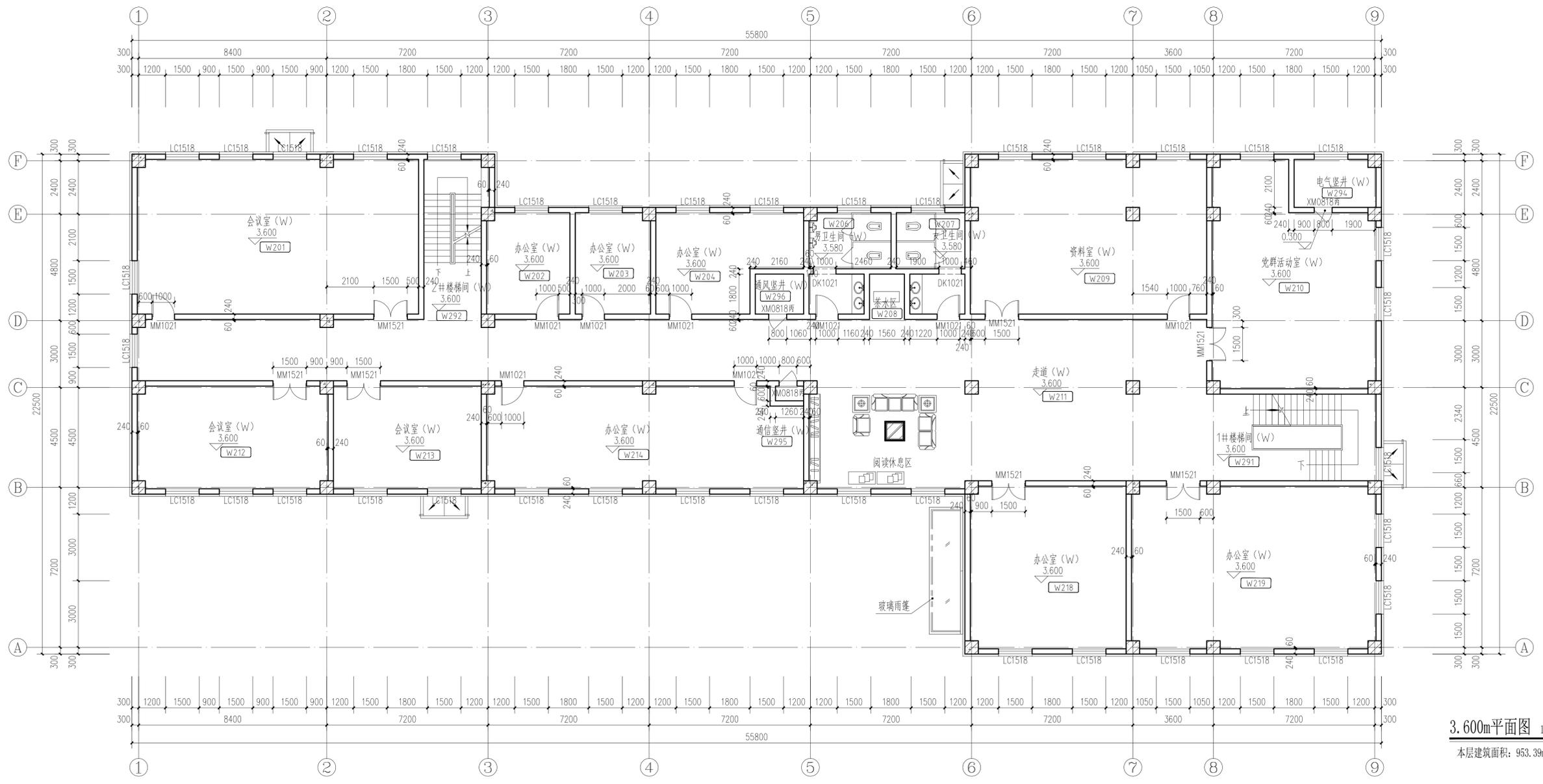
±0.000m平面图 1:100

中国核能工程有限公司 CNPE						
工程名称	工程	2025	日期	03	册数	册数 5.2-3
设计人	核能院核能院核能院核能院核能院				审核	
校对	±0.000m核能分区图				专业	
审核					日期	
批准					图例	图例 第1章



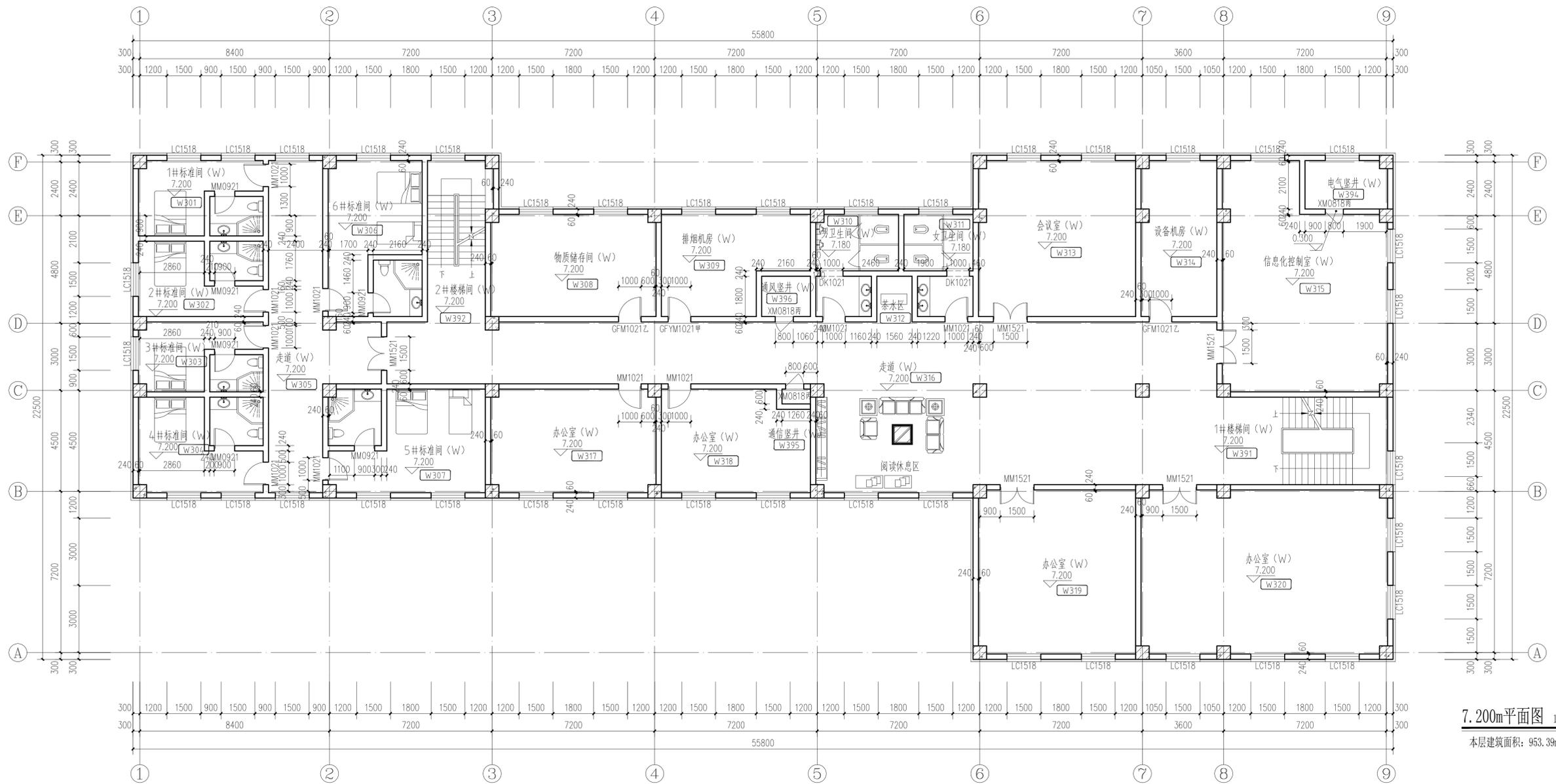
±0.000m平面图 1:100
 本层建筑面积: 953.39m²
 总建筑面积: 4356.06m²
 地下部分建筑面积: 418.50m²

中国核电工程有限公司 CNPE								
审核	总工程师		工程号	2025	子项号	02	图号	附图4.4-2
审核	设计主持人		综合办公楼			版次	A1	
审核	项目负责人		±0.000m平面图			专业	建筑	
审核	工种负责人					比例	见图	
审核	校对人		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目			共	1	张
设计	设计者					共	1	张



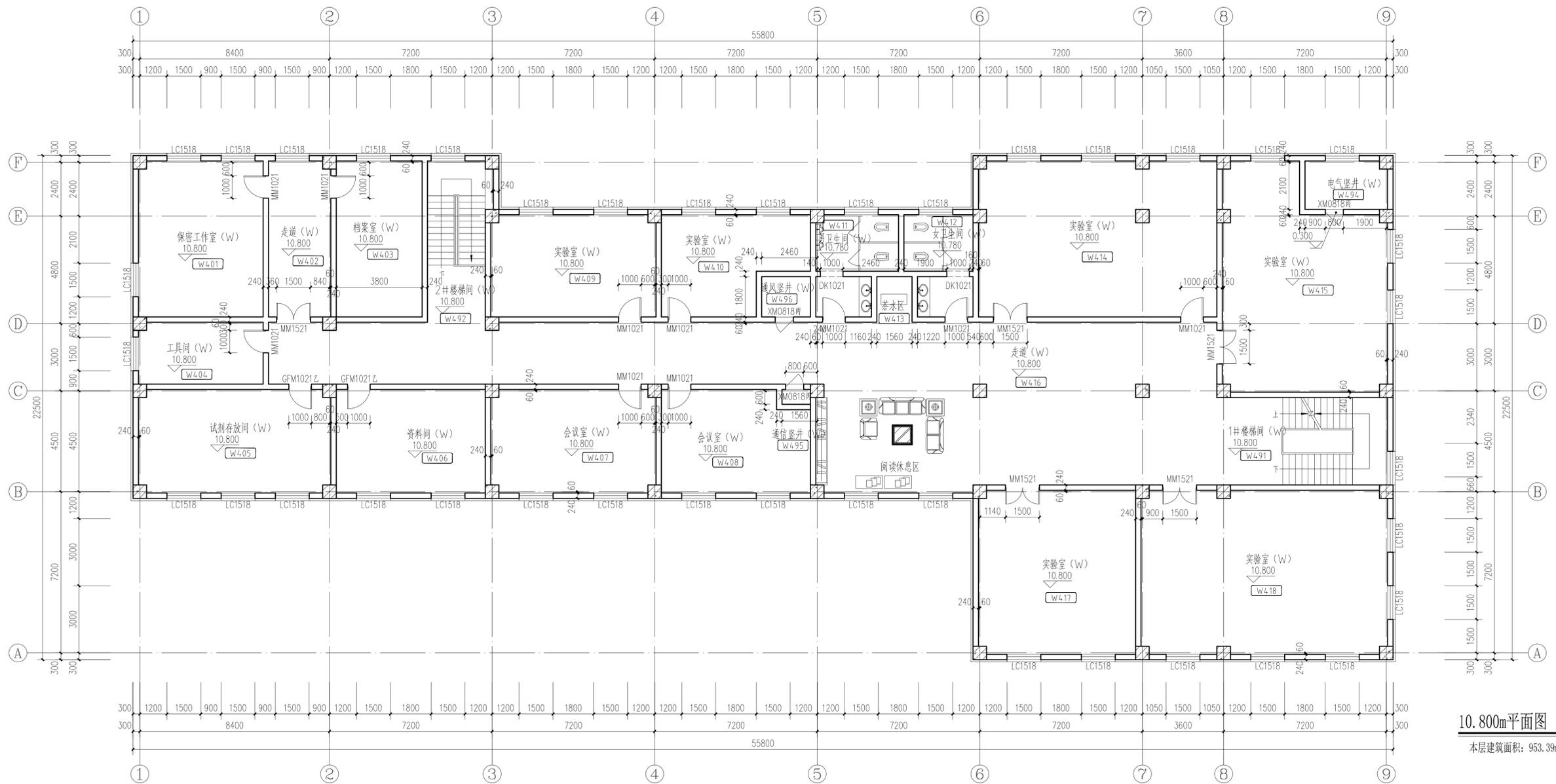
3.600m平面图 1:100
 本层建筑面积: 953.39m²

中国核电工程有限公司 CNPE							
审核	总工程师		工程号	2025	子项号	02	
审核	设计主持人		图号	附图 4.4-3			
审核	负责人		综合办公楼			版次	A1
审核	工种负责人		3.600m平面图			专业	建筑
审核	校对者		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目			比例	见图
设计	设计者					共	1张 / 第 1张



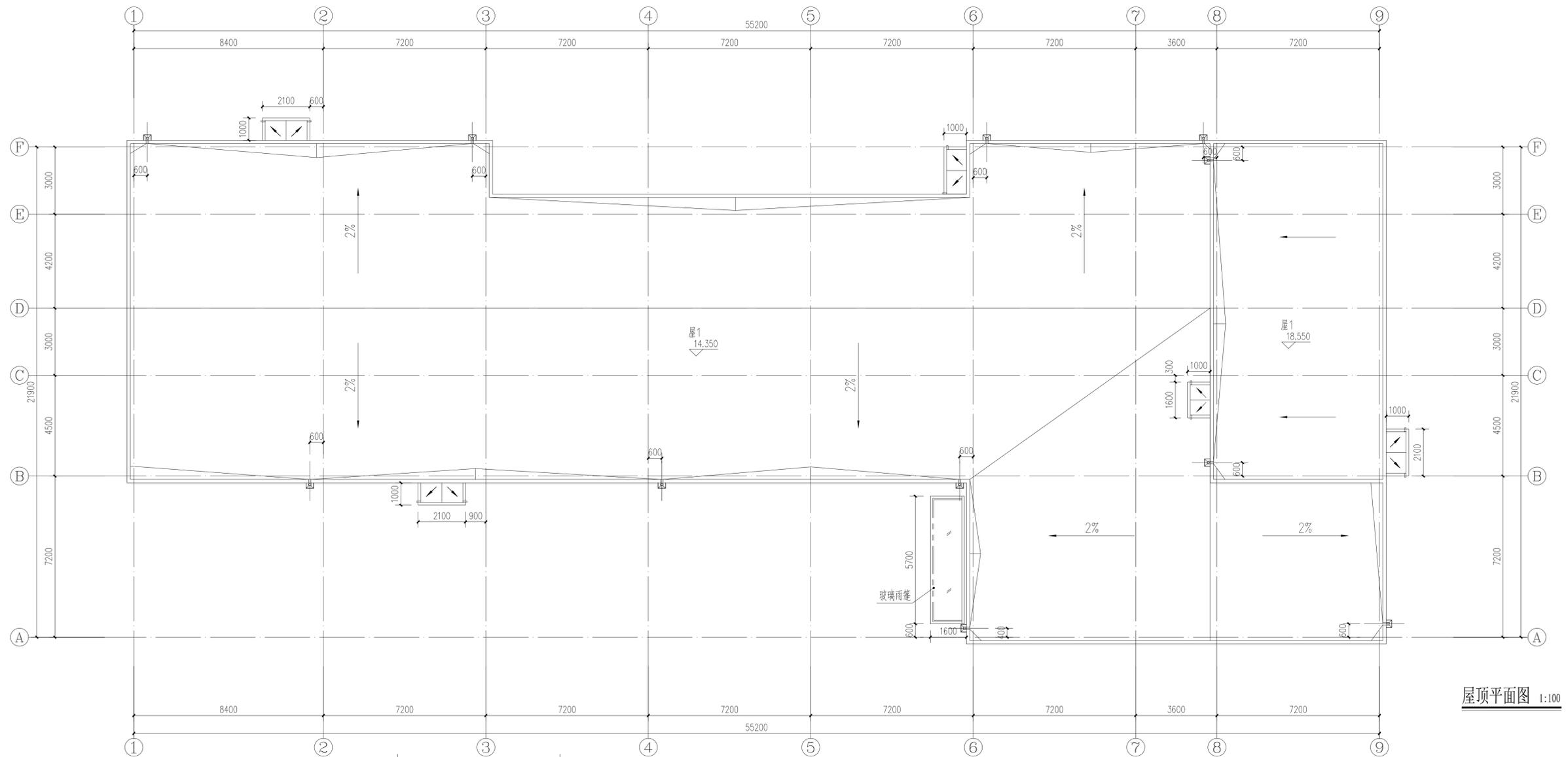
7.200m平面图 1:100
 本层建筑面积: 953.39m²

中国核电工程有限公司 CNPE									
审核	总工程师		工程号	2025	子项号	02	图号	附图 4.4-4	
审核	设计主持人		综合办公楼						
审核	负责人		7.200m平面图						
审核	工种负责人		专业 建筑						
审核	校对者		比例 见图						
设计	设计者		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目 共 1 张 第 1 张						

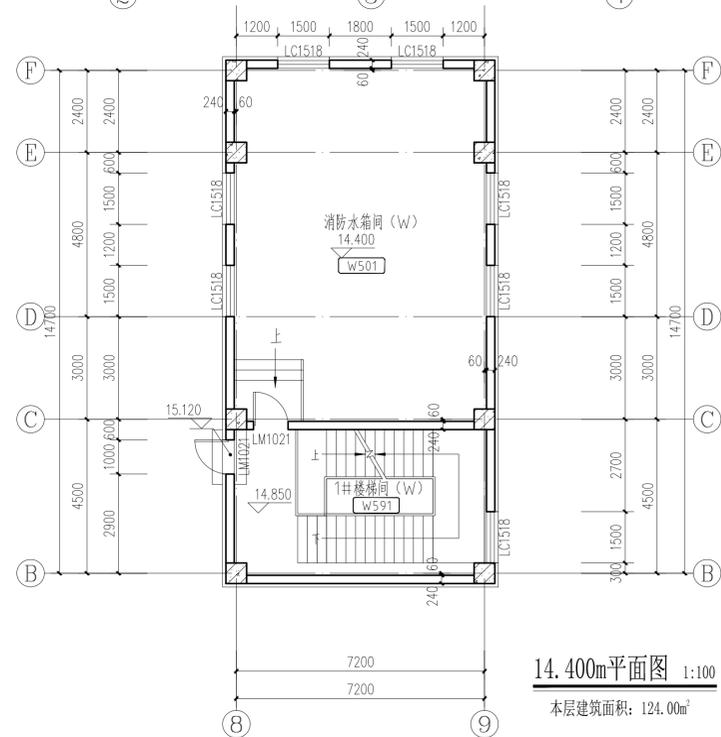


10.800m平面图 1:100
 本层建筑面积: 953.39m²

中国核电工程有限公司 CNPE								
审核	总工程师		工程号	2025	子项号	02	图号	附图 4.4-5
审定	设计主持人		综合办公楼			层次	A1	
审核	项目负责人		10.800m平面图			专业	建筑	
审核	工种负责人					比例	见图	
校核	校对者		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目			共	1张	
设计	设计者					第	1张	



屋顶平面图 1:100



14.400m平面图 1:100
本层建筑面积: 124.00m²

中国核电工程有限公司 CNPE									
审核	总工程师		工程号	2025	子项号	02	图号	附图4.4-6	
审定	设计主持人		综合办公楼				版次	A1	
审核	项目负责人		屋顶平面图				专业	建筑	
审核	工种负责人						比例	见图	
校核	校对者		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目				共	1	张
设计	设计者						共	1	张



①-⑨立面图 1:100



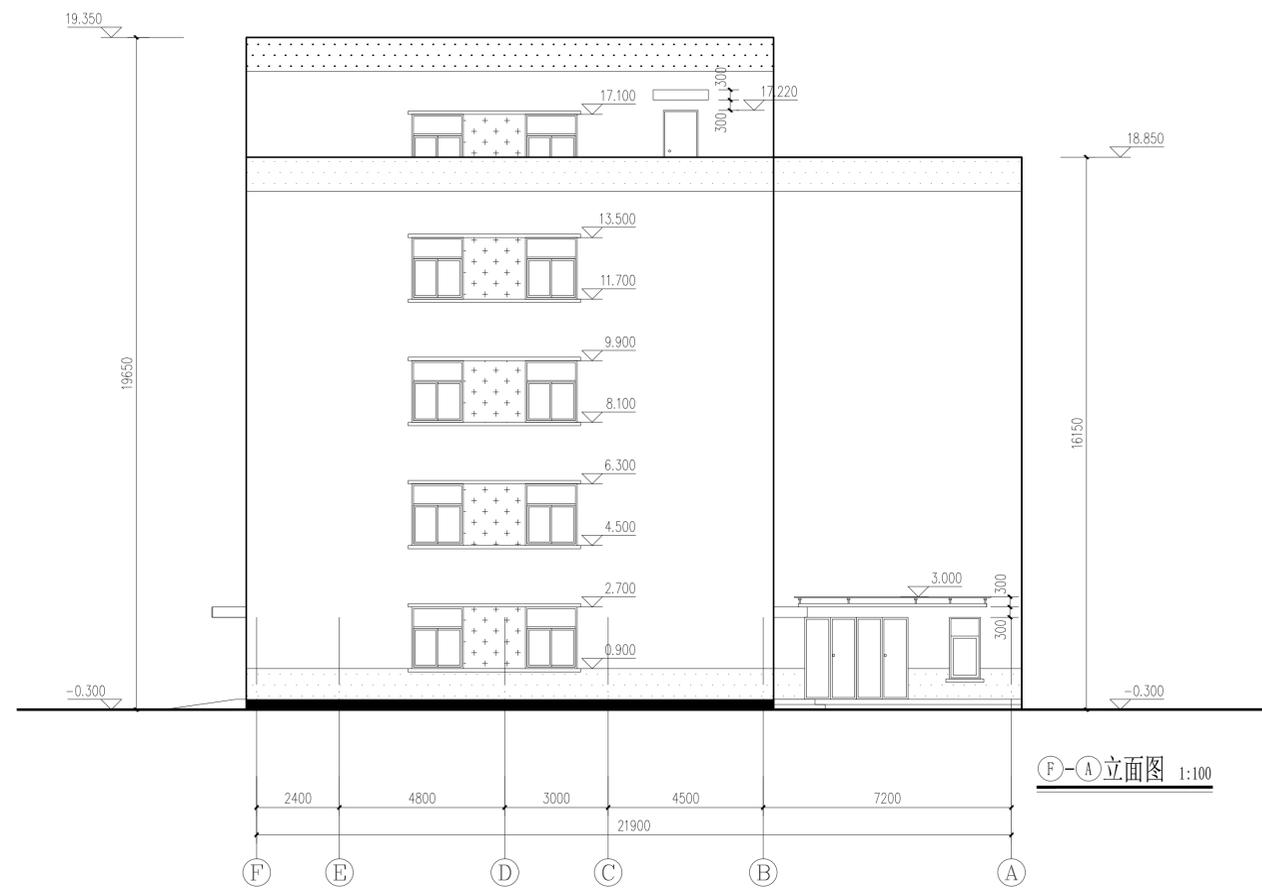
Ⓐ-Ⓕ立面图 1:100

- 砖红色一体化保温板 标准色卡RAL-K7 (Classic) RAL2001
- 白色一体化保温板 标准色卡RAL-K7 (Classic) RAL9003
- 浅灰色一体化保温板 标准色卡RAL-K7 (Classic) RAL7047
- 深灰色一体化保温板 标准色卡RAL-K7 (Classic) RAL7036

中国核电工程有限公司 CNPE					
审核	总工程师		工程号	2025	子项号
设计	设计主持人		图号	02	附图4.4-7
审核	负责人		综合办公楼		
审核	专业负责人		1-9立面图 A-F立面图		
审核	工种负责人		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目		
设计	校对		共 1 张 第 1 张		
设计	设计		专业 建筑		
			比例 见图		



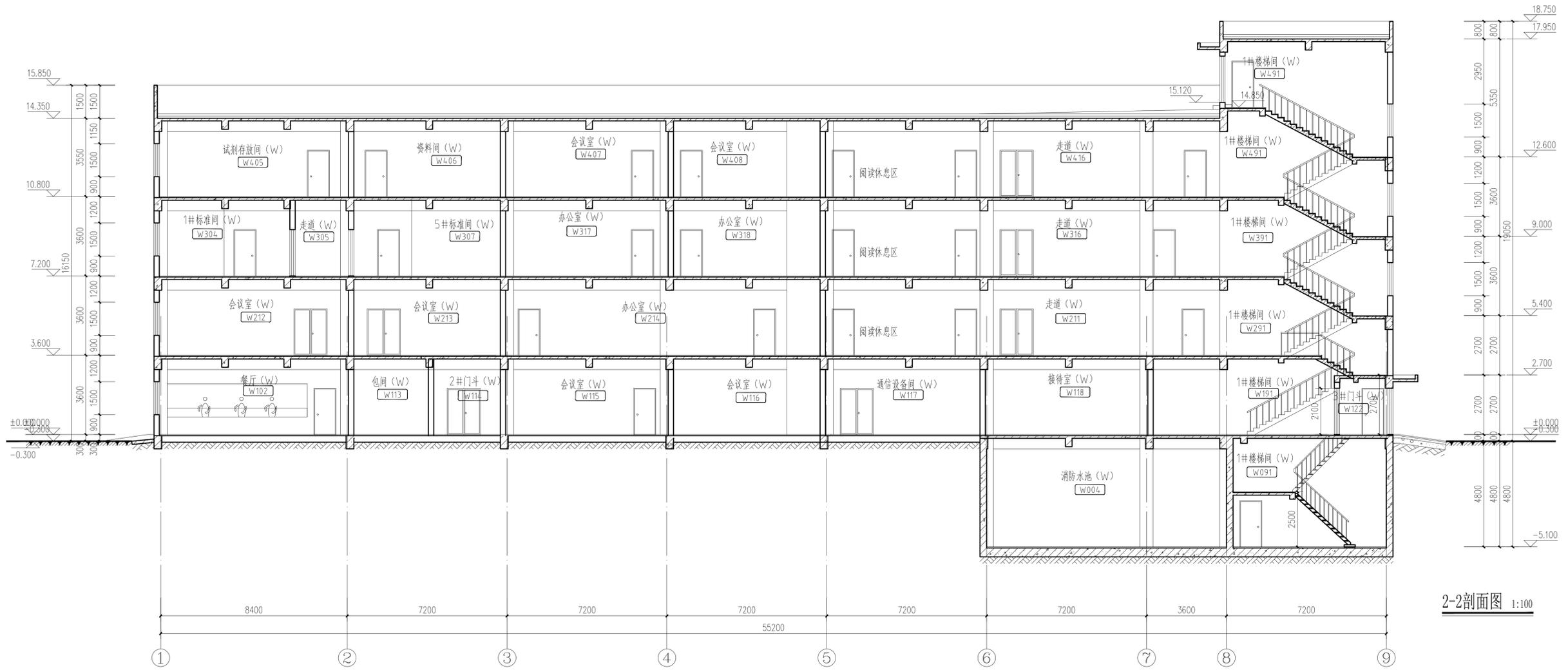
9-1立面图 1:100



F-A立面图 1:100

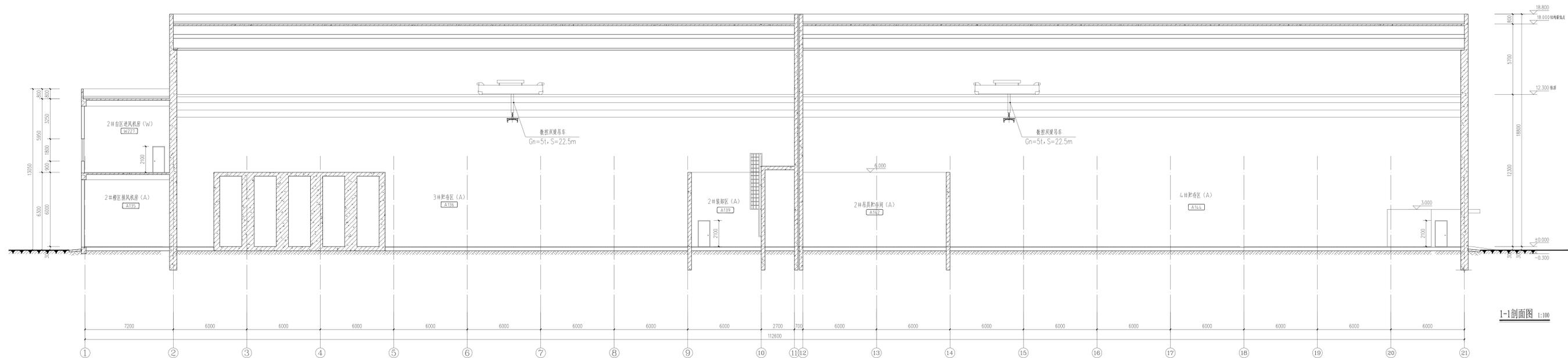
- 砖红色一体化保温板 标准色RAL-K7 (Classic) RAL2001
- 白色一体化保温板 标准色RAL-K7 (Classic) RAL9003
- 浅灰色一体化保温板 标准色RAL-K7 (Classic) RAL7047
- 深灰色一体化保温板 标准色RAL-K7 (Classic) RAL7036

中国核电工程有限公司 CNPE								
审核	总工程师		工程号	2025	子项号	02	图号	附图4.4-8
设计	设计主持人		综合办公楼			版次	A1	
审核	项目负责人		9-1立面图 F-A立面图			专业	建筑	
审核	工种负责人					比例	见图	
校核	校对者		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目			共	1	张
设计	设计者					第	1	张

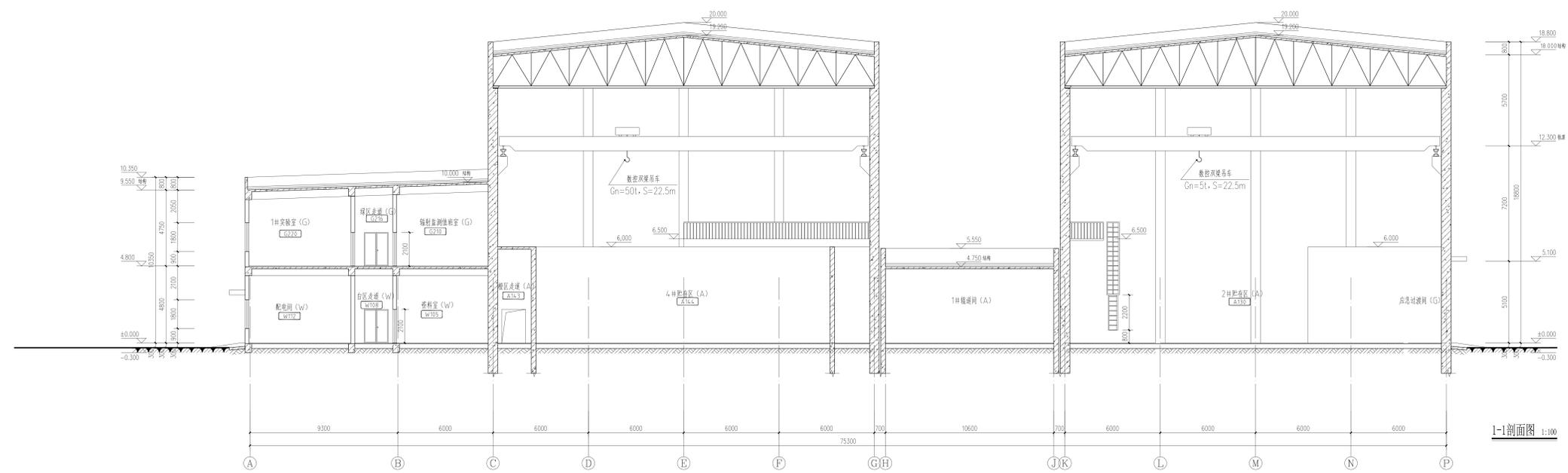


2-2剖面图 1:100

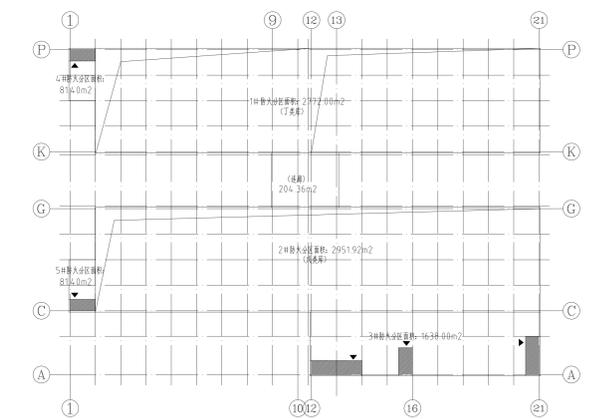
中国核电工程有限公司 CNPE											
审核	总工程师		工程号	2025	子项号	02	图号	附图4.4-9			
审定	设计主持人		综合办公楼							版次	A1
审核	项目负责人		2-2剖面图							专业	建筑
审核	工种负责人									比例	见图
校核	校对者		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目							共	1
设计	设计者									第	1



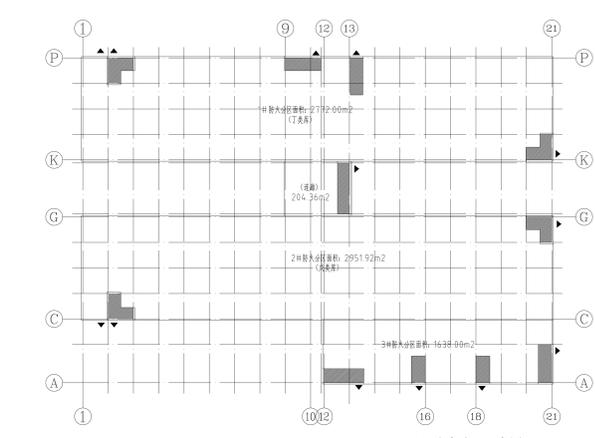
1-1剖面图 1:100



1-1剖面图 1:100

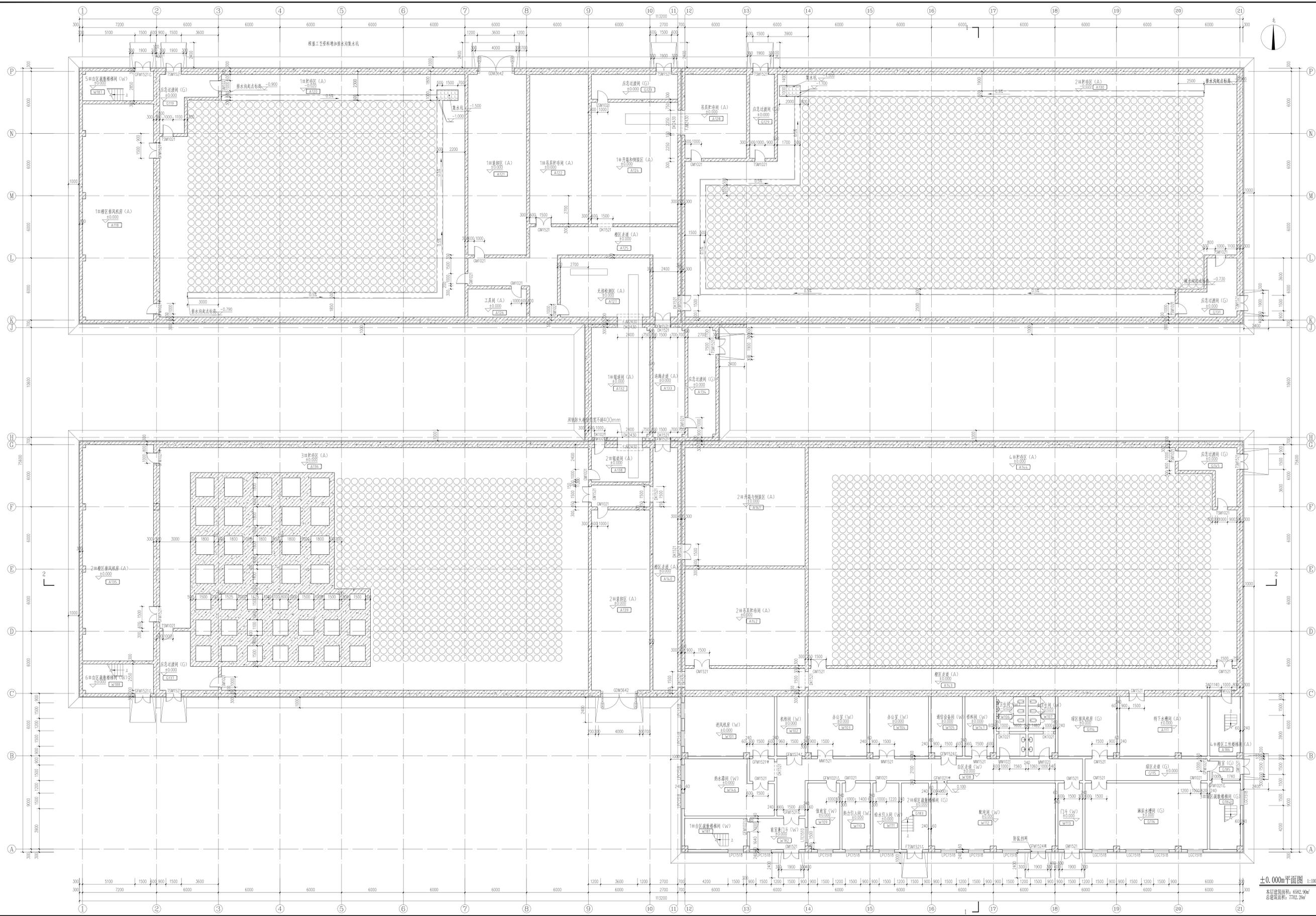


4.800m防火分区示意图



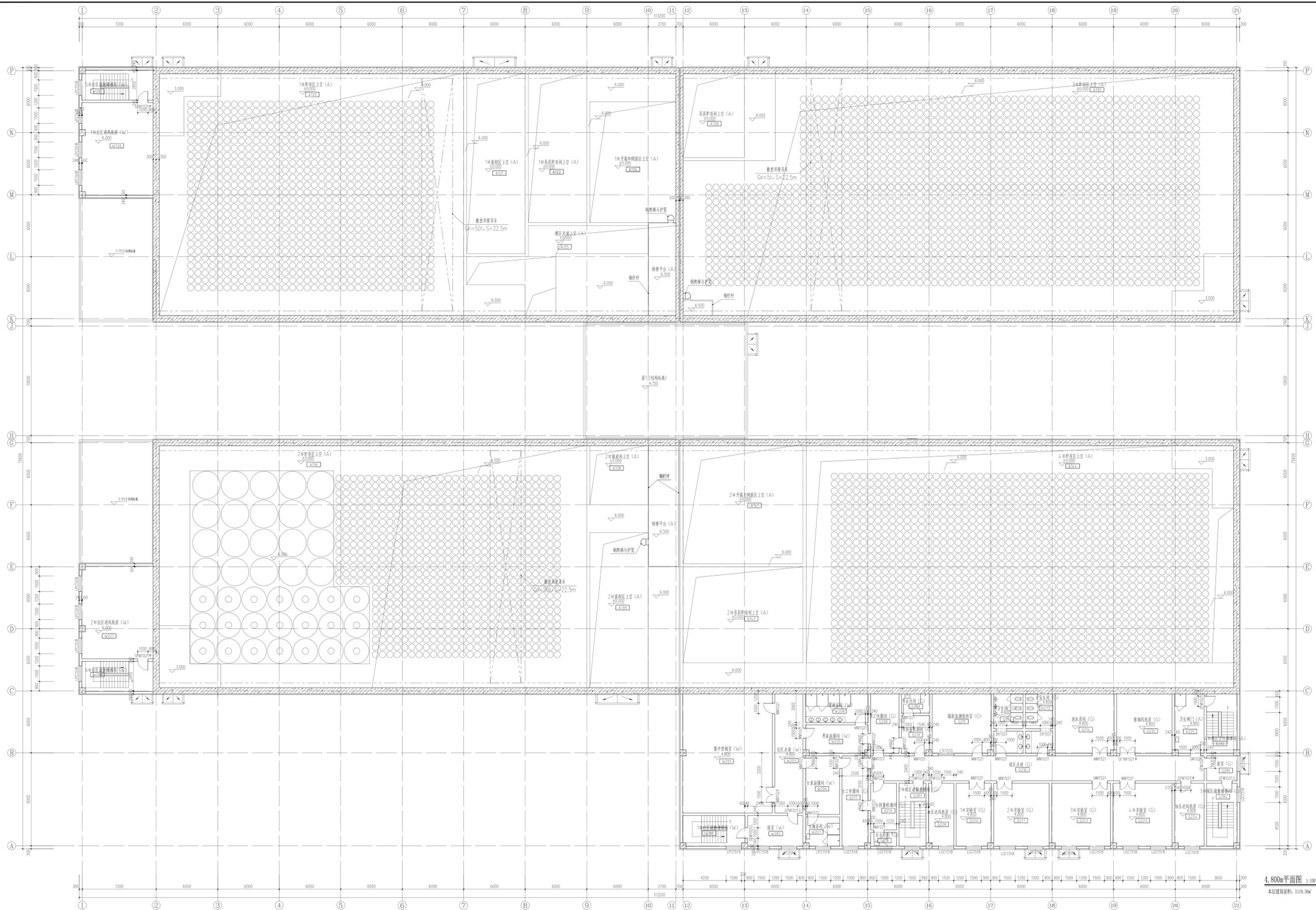
±0.000m防火分区示意图

中国核工程技术有限公司 CNPE				
编制/审核/设计	2025	子项号 03	册号	附图 4.4-10
设计/审核/设计	核工业辐射与核电厂			专业 建筑
设计/审核/设计	-6.000m平面图	1-1剖面图		比例 范围
设计/审核/设计	全部核电厂核燃料循环设施一期一期核燃料循环设施			共 1 卷 第 1 卷



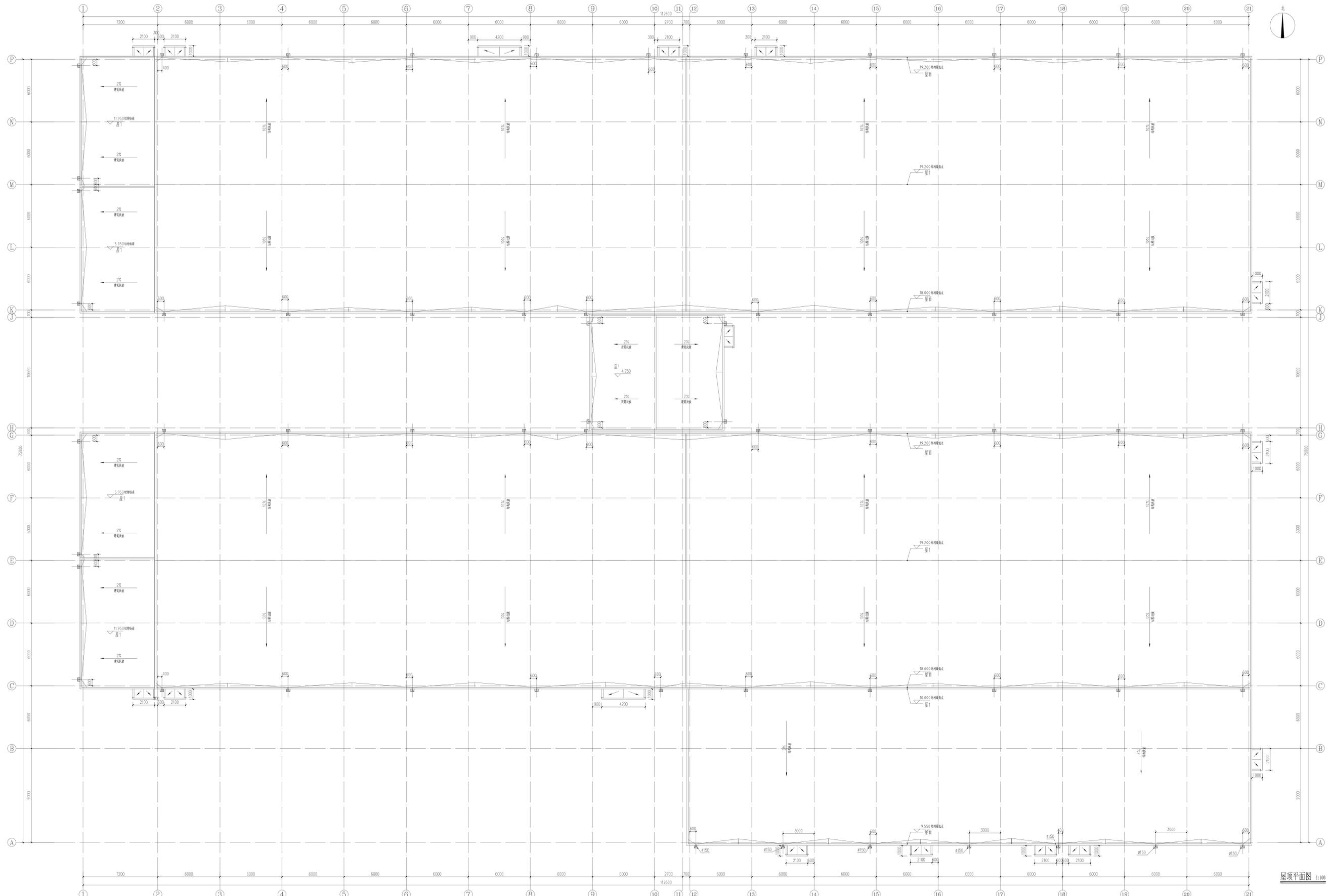
±0.000m平面图 1:100
 本工程建筑面积: 6582.90m²
 总建筑面积: 7702.26m²

中国核工程技术有限公司 CNPE				
项目名称	工程号	2025	子项号	03
设计阶段	图号	附图 4.4-11		
设计负责人	审核人	批准人	专业	暖通
设计日期	专业	日期	专业	暖通
设计日期	专业	日期	专业	暖通



4,800m²平面图 1:100
 本层建筑面积: 1119.36m²

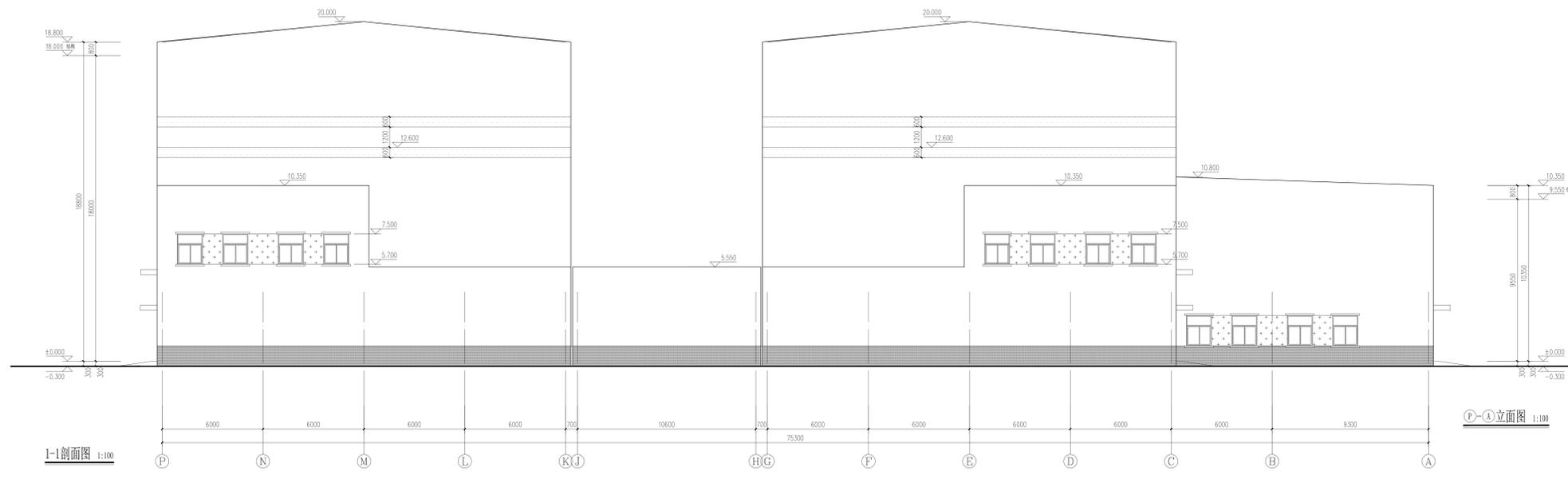
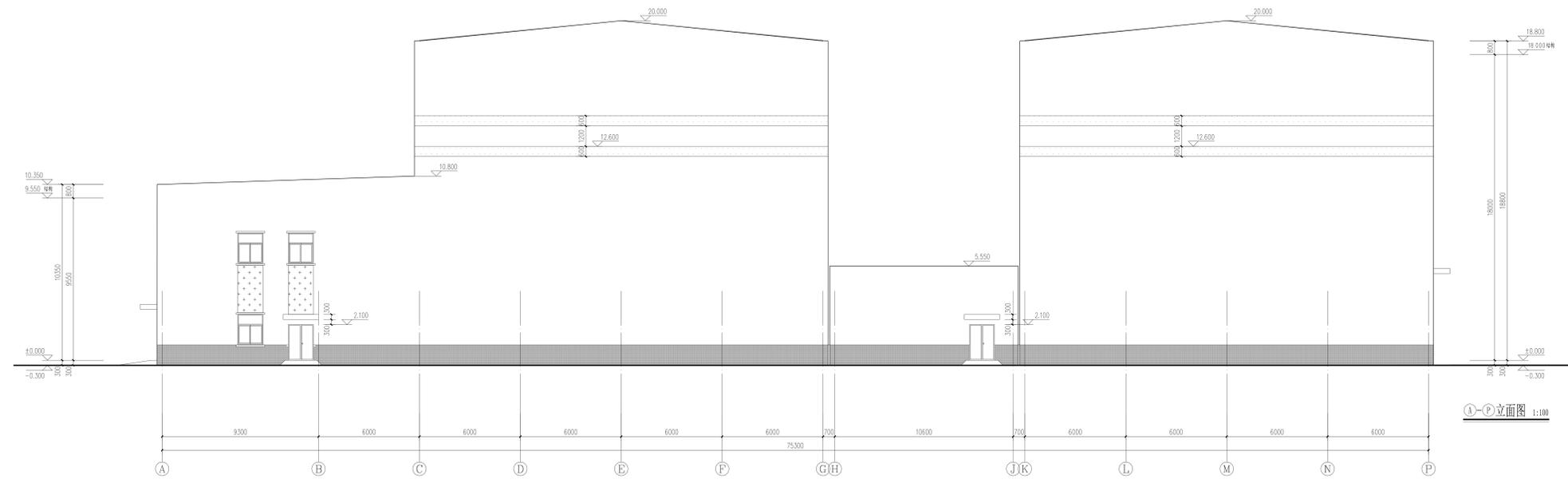
中国核能工程有限公司 CNPE				
设计总工程师	王明	2025	03	图号 附图4.4-12
设计负责人	张明	2025	03	版次 40
专业负责人	李强	核能设备排架与机房		专业 建筑
设计人	王强	6,800m ² 平面图		日期 2025
审核人	张明	会签核能设备排架与机房一期阶段建设项目		专业 建筑
设计日期	2025			共 1 页



屋顶平面图 1:100

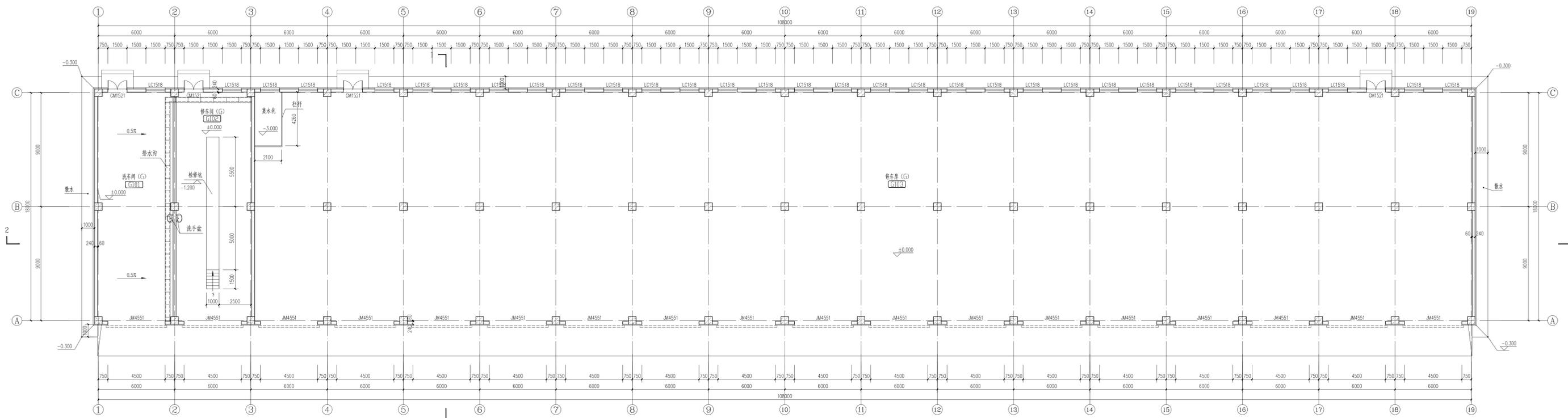
中国核工程技术有限公司 CNPE			
设计人	2025	子项	03
审核人	张俊	专业	建筑
设计人		专业	建筑
审核人		专业	建筑
设计人		专业	建筑
审核人		专业	建筑
设计人		专业	建筑
审核人		专业	建筑

图号 附图 4.4-13
层数 40
比例 1:100
共 1 张

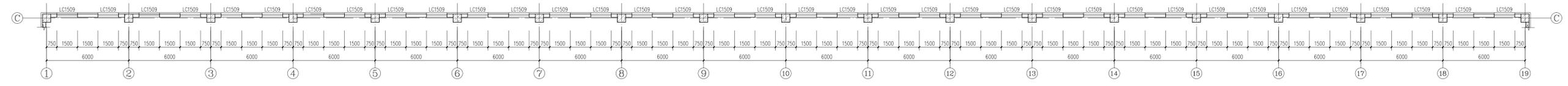


- 砖红色-饰化保温板 标准色RAL-K7 (Classic) RAL2001
- 白色-饰化保温板 标准色RAL-K7 (Classic) RAL9003
- 浅灰色-饰化保温板 标准色RAL-K7 (Classic) RAL7047
- 深灰色-饰化保温板 标准色RAL-K7 (Classic) RAL7035

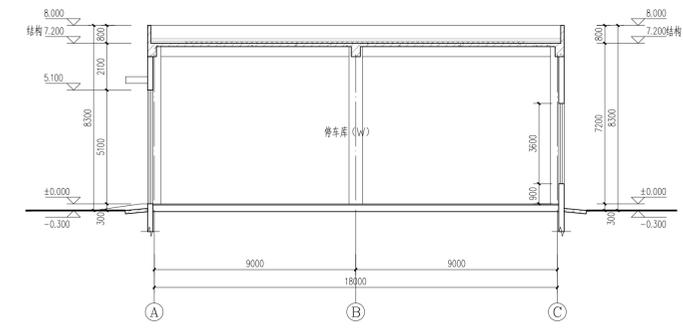
中国核电工程有限公司 CNPE				
审核/设计/制图/校对/审核	工程号	子项号	册号	图号
设计人	2025	03		附图 4.4-14
审核人	低放废物接收与贮存厂房			专业 建筑
制图人	A-P立面图 P-A立面图			比例 1/100
审核人	金塔低水平放射性固体废物处置场一期一期改建项目			共 壹 张



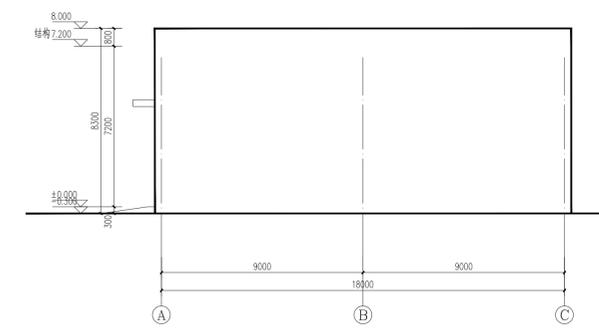
一层平面图 1:100
 本层建筑面积: 2046m²
 总建筑面积: 2046m²



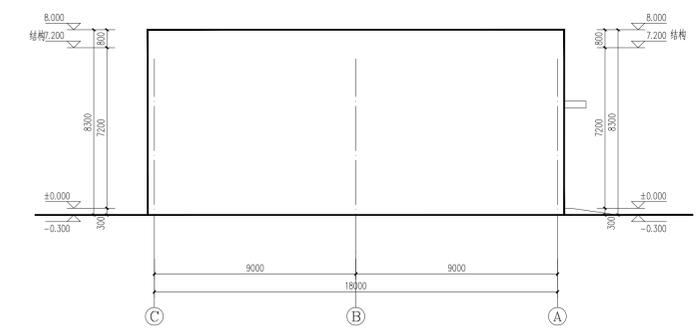
C轴墙体4.5m平面图 1:100



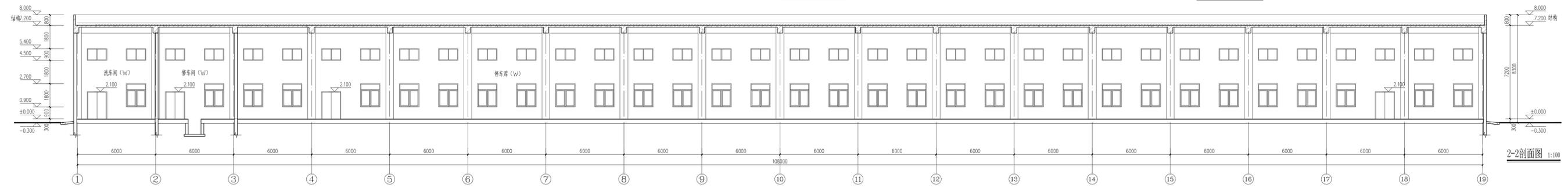
1-1剖面图 1:100



A-C立面图 1:100

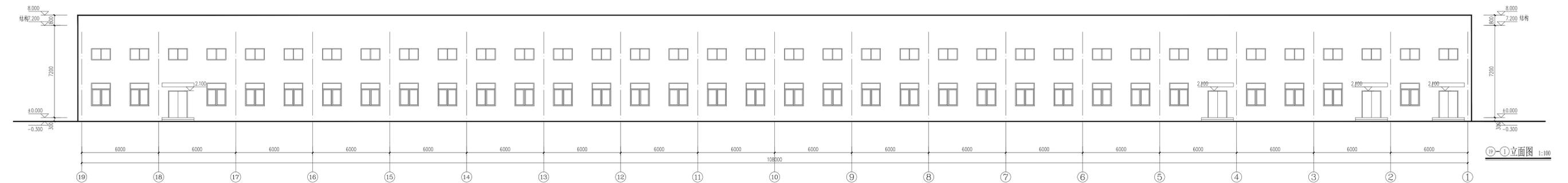
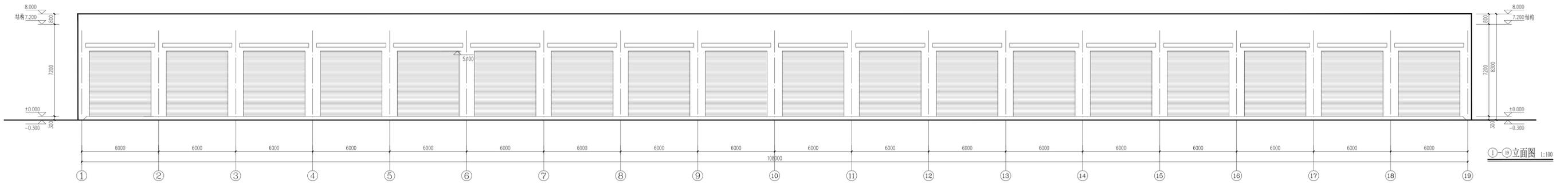
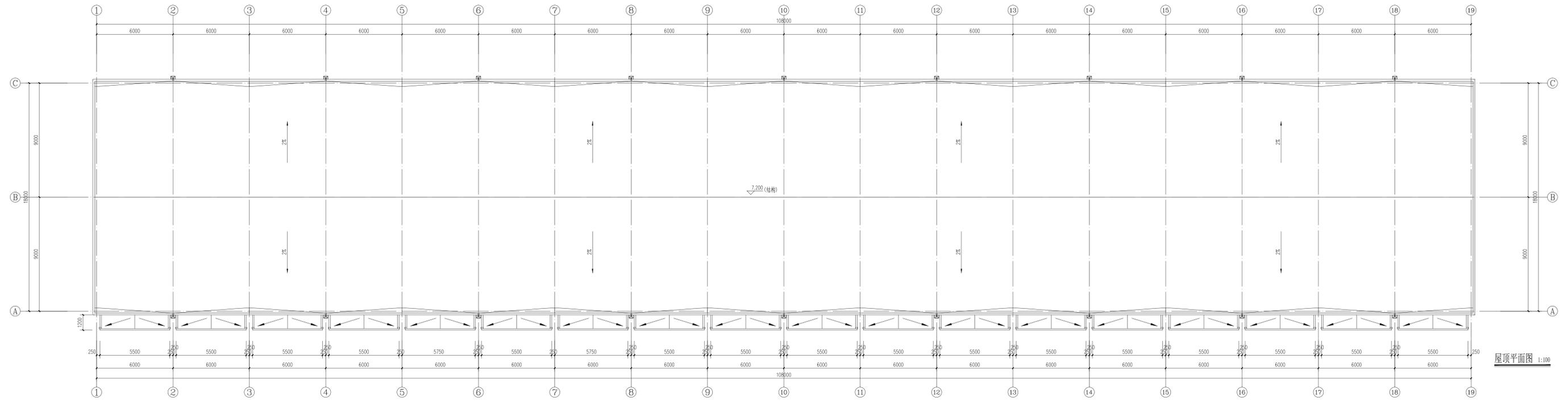


C-A立面图 1:100



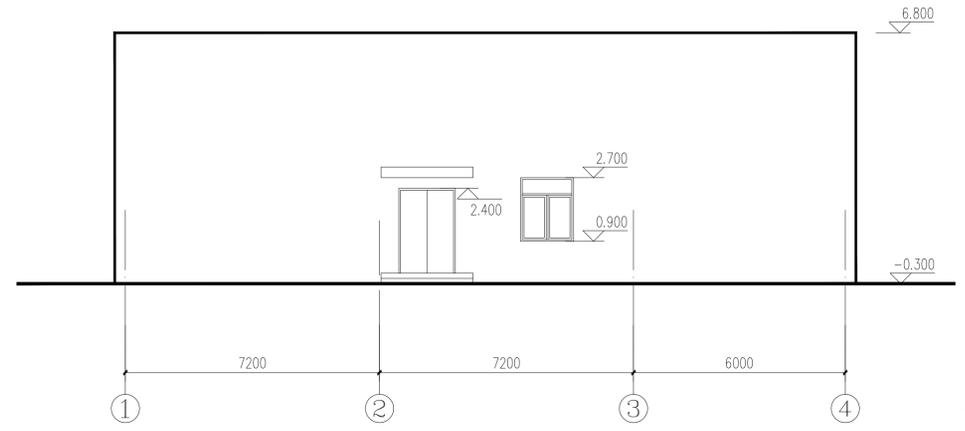
2-2剖面图 1:100

中国核电工程有限公司 CNPE				
编制: 总工程师	工程号: 2025	子项号: 04	图号: 附图4.4-16	版次: A1
审核: 设计负责人	生产用汽车库			专业: 建筑
审核: 专业负责人	一层平面图 1-1剖面图 A-C立面图 C-A立面图			比例: 见原图
审核: 项目经理	金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目			共1张第1张

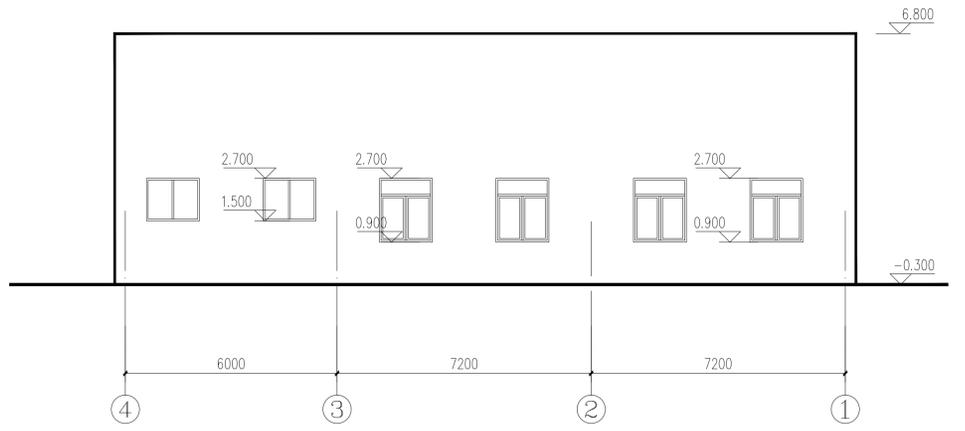


中国核电工程有限公司 CNPE

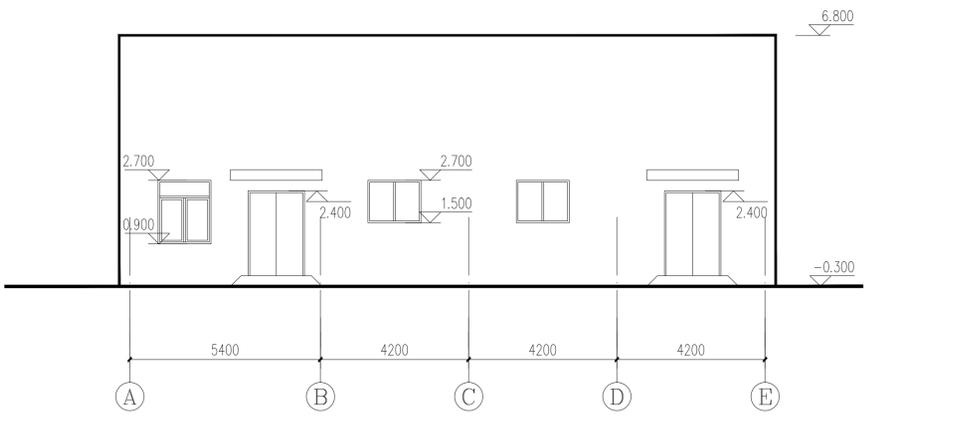
编制人	设计人	审核人	批准人	日期	2025	图号	04	图名	附4.4-17
专业	生产用车库	专业	建筑	图例	建筑	图例	建筑	图例	建筑
专业	生产用车库	专业	建筑	图例	建筑	图例	建筑	图例	建筑
专业	生产用车库	专业	建筑	图例	建筑	图例	建筑	图例	建筑
专业	生产用车库	专业	建筑	图例	建筑	图例	建筑	图例	建筑



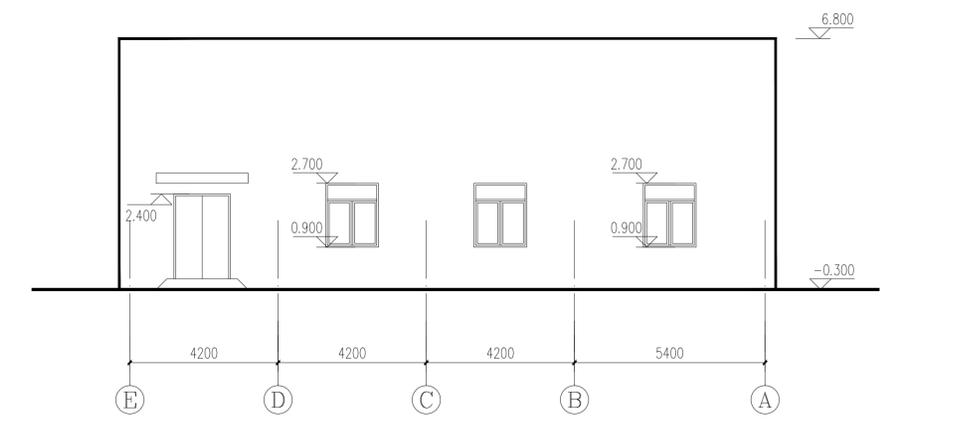
①-④立面图 1:100



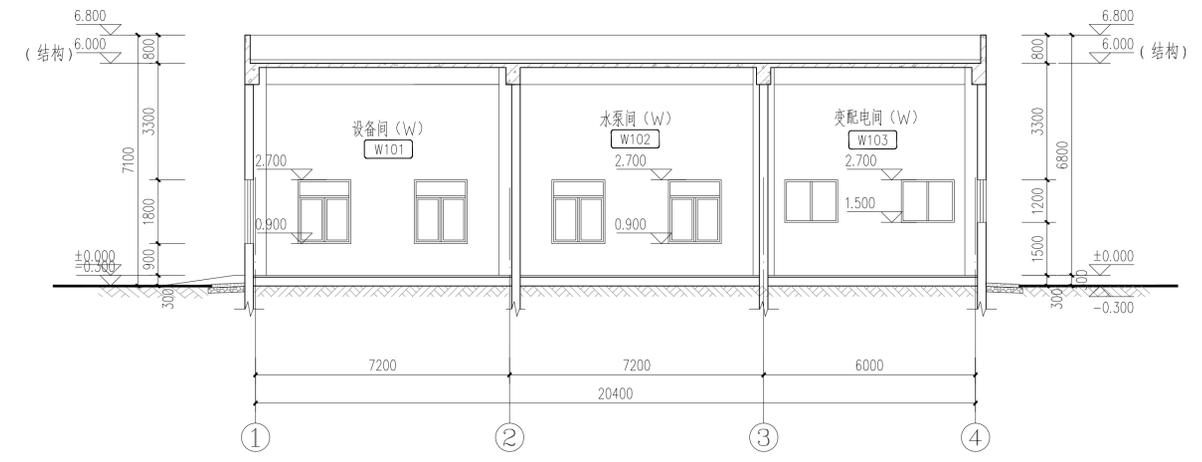
④-①立面图 1:100



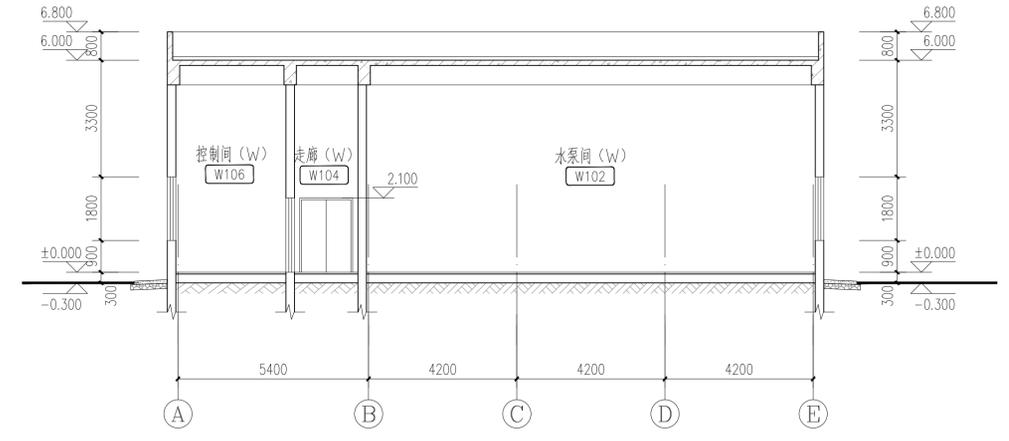
Ⓐ-Ⓔ立面图 1:100



Ⓔ-Ⓐ立面图 1:100

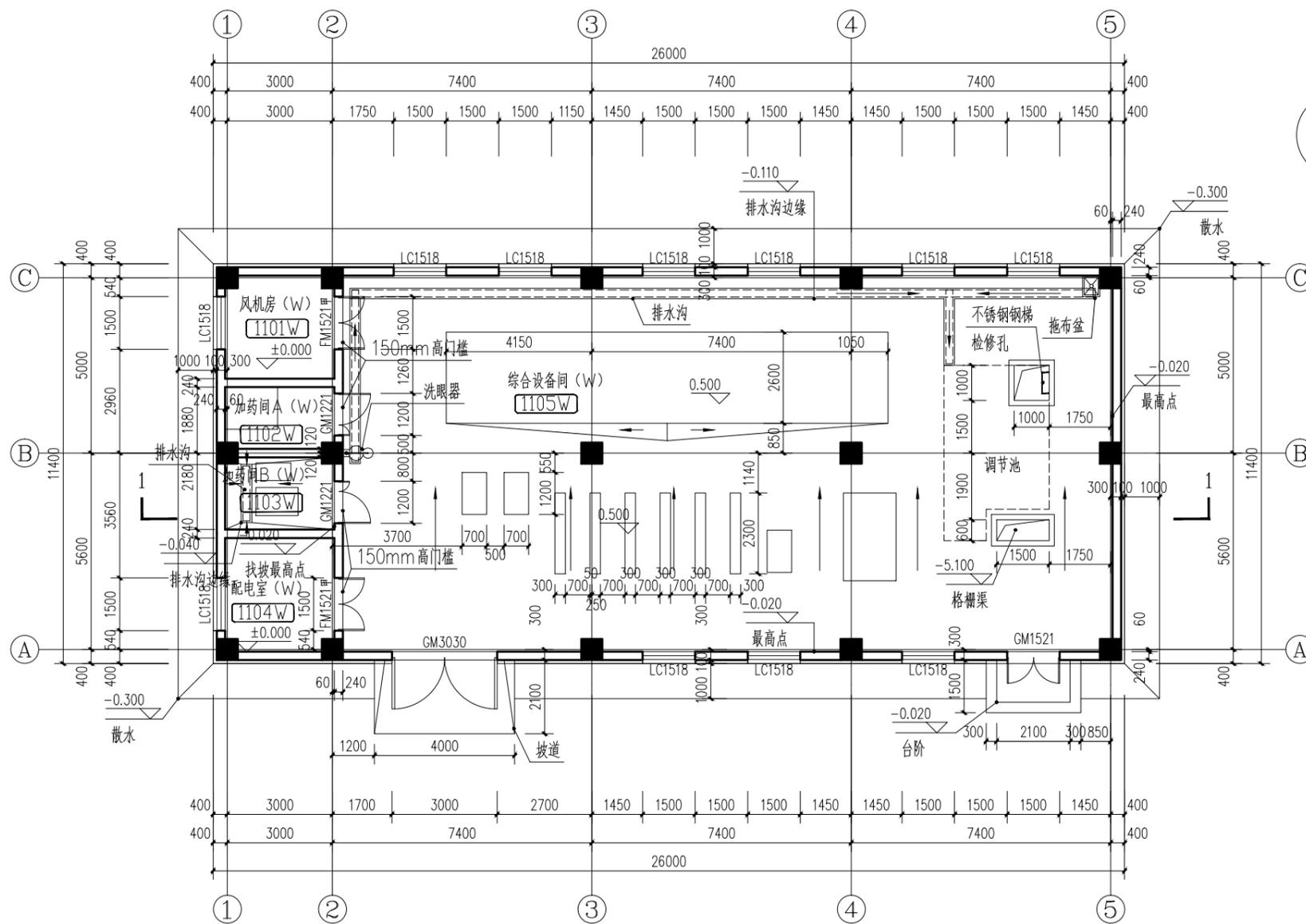


1-1剖面图 1:100



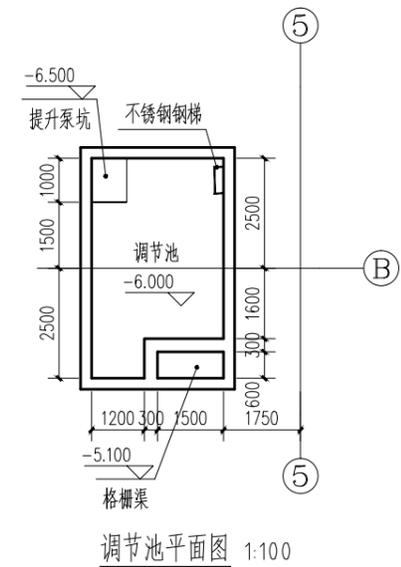
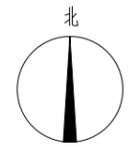
2-2剖面图 1:100

中国核电工程有限公司 CNPE								
审批	总工程师		工程号	2025	子项号	05	图号	附图4.4-19
审定	设计主持人		供暖站			版次	A1	
审核	室负责人		立面图、剖面图			专业	建筑	
校核	校对者					比例	见图	
设计	设计者		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目			共1张	第1张	



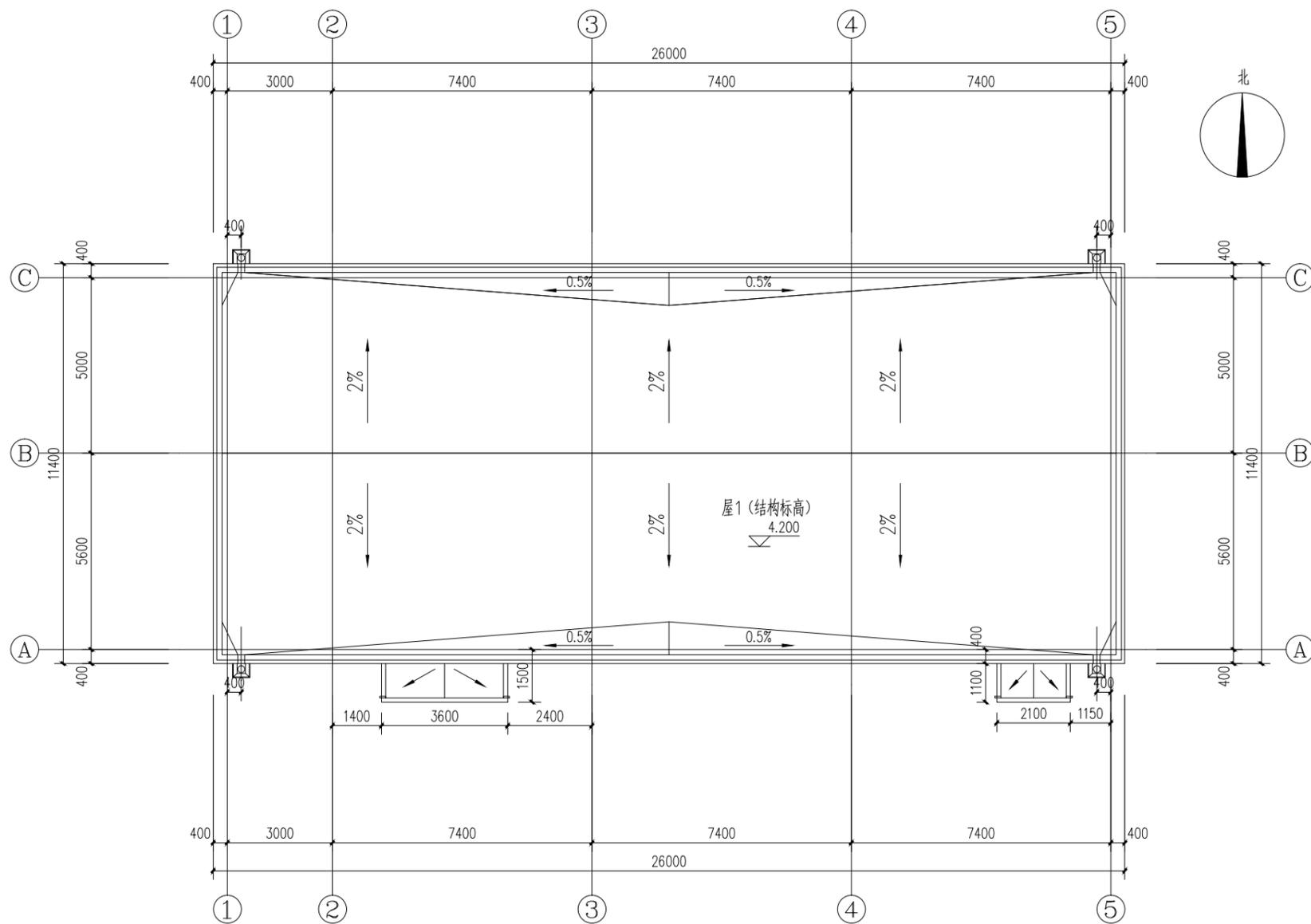
±0.000m平面图 1:100

本层建筑面积: 296.40m²
总建筑面积: 296.40m²



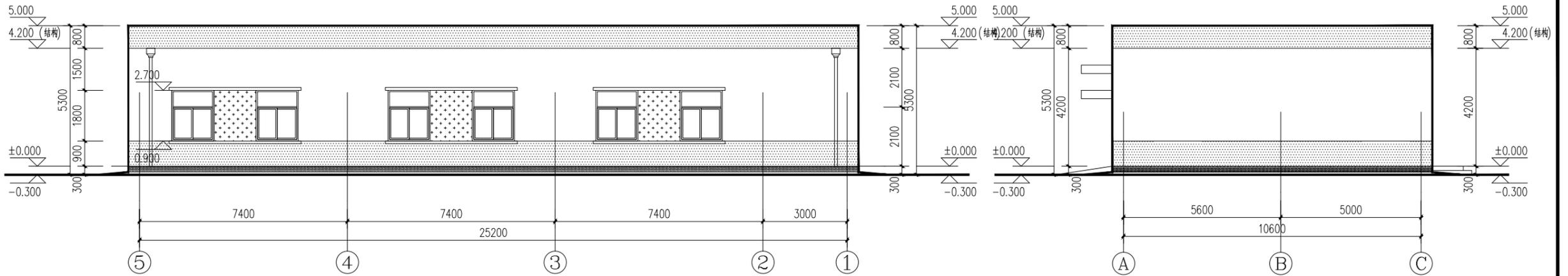
调节池平面图 1:100

中国核电工程有限公司 CNPE									
审批	总工程师		工程号	2025	子项号	06	图号	附图 4.4-20	
审定	设计主持人		污水处理站				版次	A2	
审核	室负责人						±0.000m平面图 调节池平面图		
校核	工种负责人		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目						
设计	校对者								
设计	设计者								



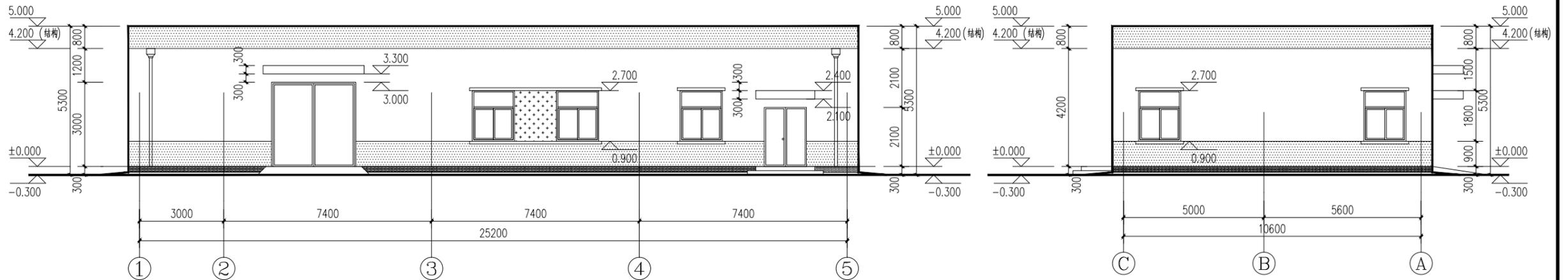
中国核电工程有限公司 CNPE

审批	总工程师		工程号	2025	子项号	06	图号	附图 4.4-21	
审定	设计主持人		污水处理站					版次	A2
审核	项目负责人							屋顶平面图	
校核	校对者		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目						
设计	设计者								



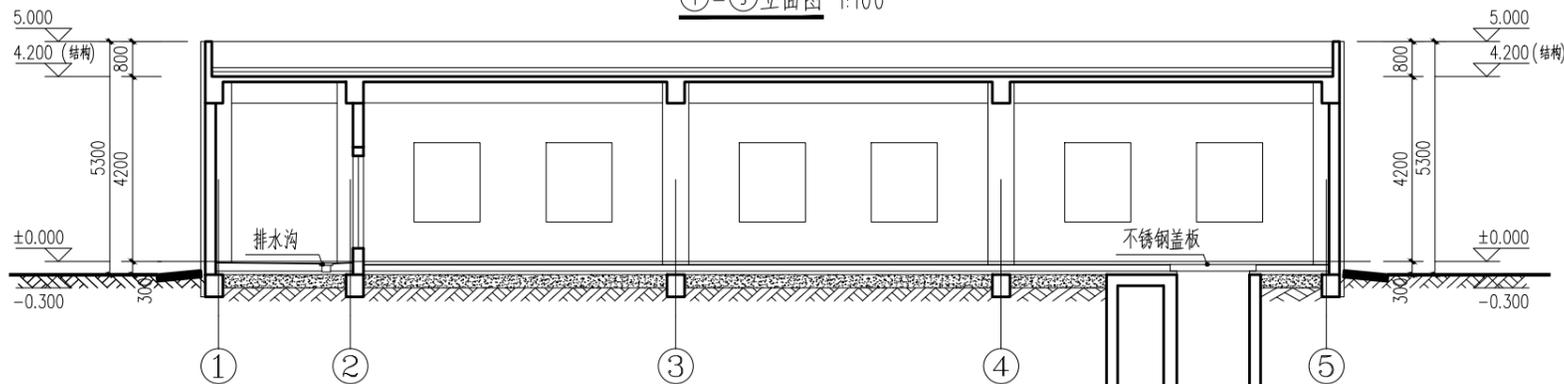
⑤-①立面图 1:100

①-A-C立面图 1:100



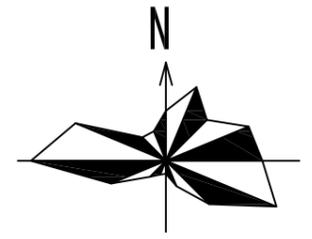
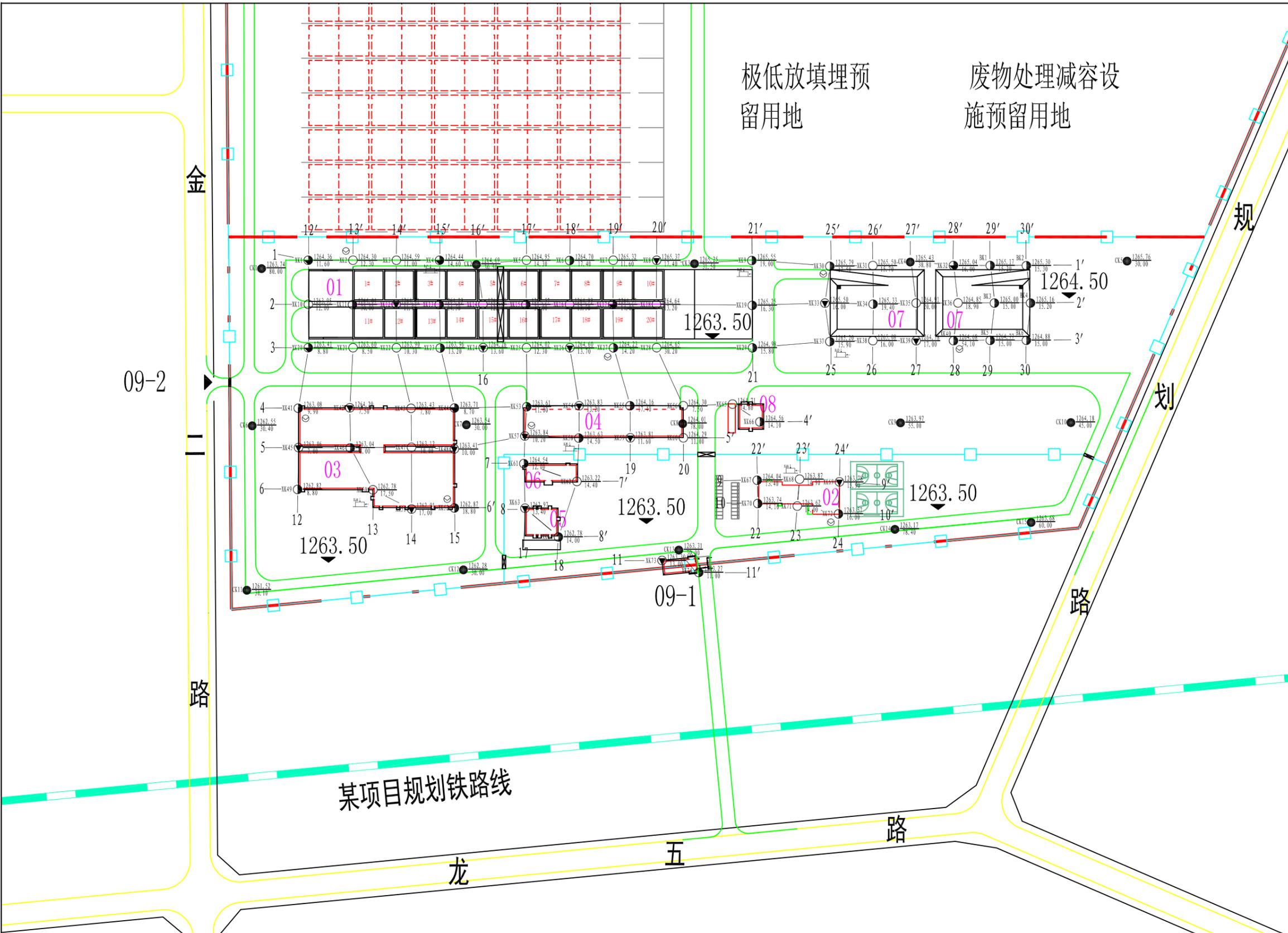
①-⑤立面图 1:100

③-A立面图 1:100



1-1剖面图 1:100

中国核电工程有限公司 CNPE									
审批	总工程师		工程号	2025	子项号	06	图号	附图 4.4-22	
审定	设计主持人		污水处理站				版次	A2	
审核	室负责人		立面图、剖面图				专业	建筑	
校核	工种负责人		金塔低水平放射性固体废物处置场一期一阶段建设项目				比例	见图	
设计	校核者						共1套	第1套	



建构筑物子项一览表

子项号	子项名称
01	低放废物处置单元
02	综合办公楼
03	低放废物接收与贮存厂房
04	生产用车库房
05	供暖站
06	污水处理站
07	极低放废物填埋单元
08	极低放废物接收综合厂房
09-1	人员出入口
09-2	货运出入口

图例

钻孔编号 孔口高程 钻孔深度	利用孔	鉴别孔	工程地质剖面线及编号
建(构)筑物子项名称	取样孔	单孔剪切波速测试	
取样标贯(动探)钻孔	标准贯入试验孔	现场剪切试验位置及编号	

工程名称	甘肃低水平放射性废物集中处置场一期一阶段建设项目岩土工程详细勘察		
图名	勘探点平面位置图		
工程编号	2020038	图号	附图2.3-1
审定		勘察阶段	详勘阶段
审核		比例尺	1:2000
校对		日期	2020年11月
制图		共1张第1张	

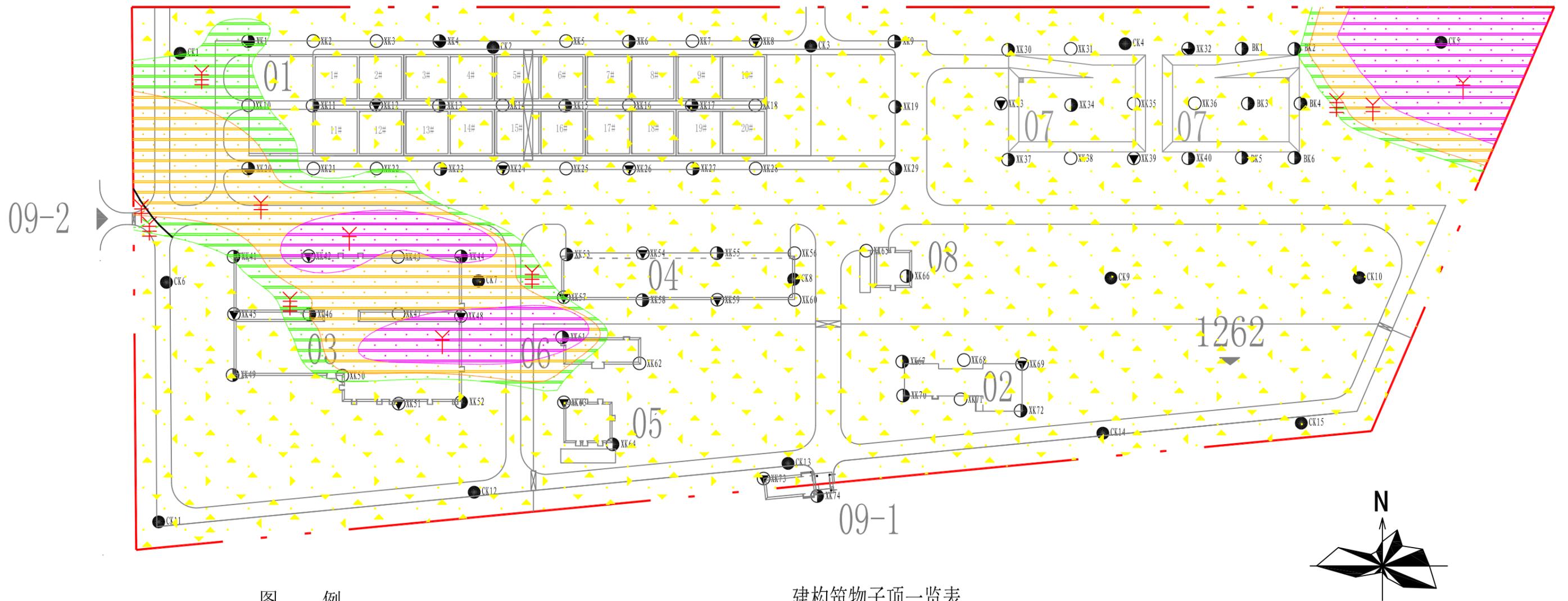


图 例

建构筑物子项一览表

XK1	钻孔编号		拟建建(构)筑物轮廓线		岩性分界线
01	建、构筑物及子项名称		风化界线		第四系砾砂夹角砾
	强风化		微风化		中等风化
	强风化大理岩		中等风化大理岩		微风化大理岩
	强风化变质石英砂岩		中等风化变质石英砂岩		微风化变质石英砂岩
	强风化变质泥岩		中等风化变质泥岩		微风化变质泥岩

子项号	子项名称	工程名称	甘肃低水平放射性废物集中处置场一期一阶段建设项目岩土工程详细勘察		
01	低放废物处置单元	图 名	04、06、06、09-1子项基底切面图		
02	综合办公楼	工程编号	2020038	图 号	附图2.3-36
03	低放废物接收与贮存厂房	审 定		勘察阶段	详勘阶段
04	生产用车库房	审 核		比例尺	1:2000
05	供暖站	校 对		日 期	2020年11月
06	污水处理站	制 图		共 2 张 第 1 张	
07	极低放废物填埋单元				
08	极低放废物接收综合厂房				
09-1	人员出入口				
09-2	货运出入口				

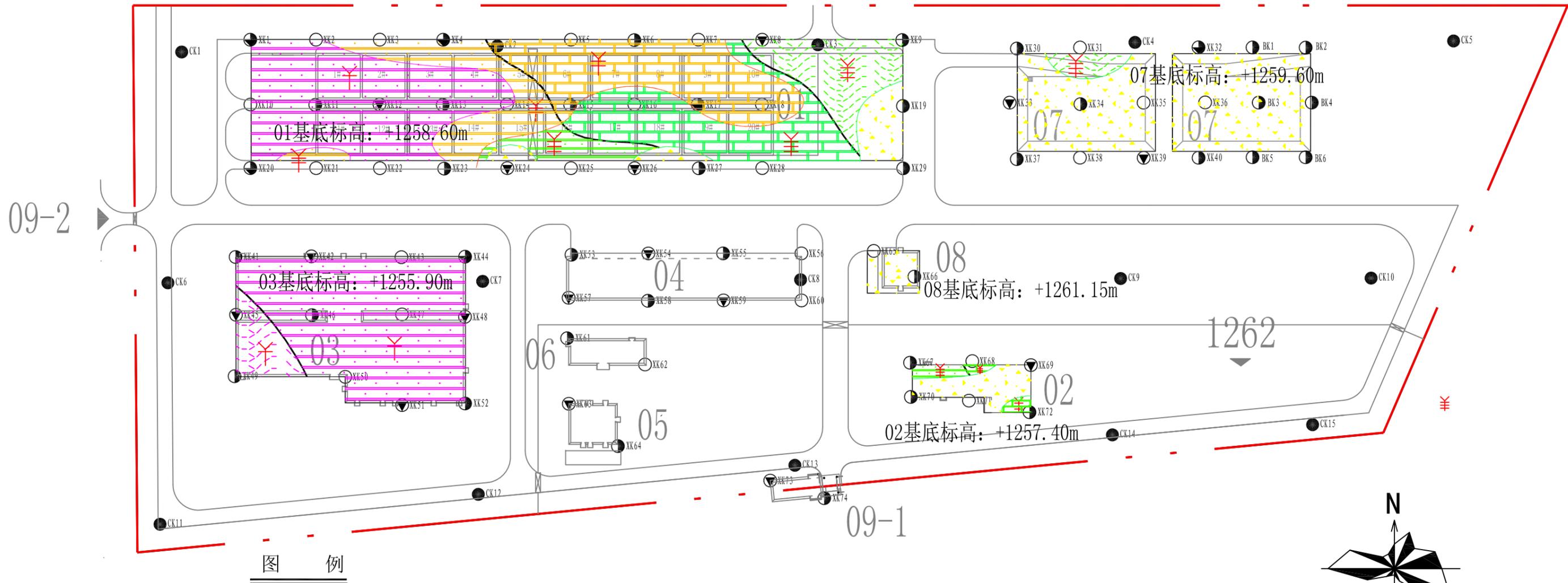


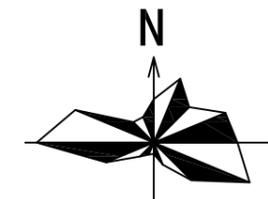
图 例

- | | | |
|---------------|-------------|-----------|
| XK1 钻孔编号 | 拟建建(构)筑物轮廓线 | 岩性分界线 |
| 01 建、构筑物及子项名称 | 风化界线 | |
| 强风化 | 微风化 | 中等风化 |
| 强风化大理岩 | 中等风化大理岩 | 微风化大理岩 |
| 强风化变质石英砂岩 | 中等风化变质石英砂岩 | 微风化变质石英砂岩 |
| 强风化变质泥岩 | 中等风化变质泥岩 | 微风化变质泥岩 |

建构筑物子项一览表

子项号	子项名称
01	低放废物处置单元
02	综合办公楼
03	低放废物接收与贮存厂房
04	生产用车库房
05	供暖站
06	污水处理站
07	极低放废物填埋单元
08	极低放废物接收综合厂房
09-1	人员出入口
09-2	货运出入口

工程名称	甘肃低水平放射性废物集中处置场一期一阶段建设项目岩土工程详细勘察		
图 名	01、02、03子项基底切面图		
工程编号	2020038	图 号	附图2.3-37
审 定		勘察阶段	详勘阶段
审 核		比例尺	1:2000
校 对		日 期	2020年11月
制 图		共 2 张 第 2 张	



注：01子项基底标高+1257.00m；07子项基底标高+1256.00m；03子项基底标高+1254.40m；08子项基底标高+1256.80m；02子项基底标高+1255.90m。