

密级：非密

版次：C版

甘肃低水平放射性固体废物集中处置场

一期一阶段建设项目

环境影响报告书

(选址阶段)

中核清原环境技术工程有限责任公司

二〇二〇年九月



甘肃低水平放射性固体废物集中处置场
一期一阶段建设项目
环境影响报告书
(选址阶段)

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：王海良

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

甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段建设项目
环境影响报告书（选址阶段）编制人员名单表

建设项目名称		甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段建设项目（选址阶段）	
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公司	
统一社会信用代码		91110000100017440Y	
法定代表人（签章）		王海良	
主要负责人（签字）		吴宏	
直接负责的主管人员（签字）		陈文利	
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 处置场选址工作.....	4
1.5 建设内容和规划.....	4
1.6 编制依据.....	5
1.6.1 国家法律法规和标准.....	5
1.6.2 委托文件.....	6
1.6.3 主要技术资料.....	7
1.6.4 政府批文.....	7
1.7 环境管理目标.....	7
1.7.1 公众剂量管理目标值.....	7
1.7.2 废物的设计接收限值.....	8
1.7.3 含放射性核素废水排放限值.....	9
1.8 非放环境管理目标.....	10
1.8.1 环境质量标准.....	10
1.8.2 污染物排放标准.....	10
1.9 评价范围.....	11
第二章 场址环境.....	13
2.1 金塔场址.....	14
2.1.1 地理位置.....	14
2.1.2 人口分布及饮食习惯.....	15
2.1.3 社会经济和资源概况.....	18
2.1.4 气象.....	24
2.1.5 水文地质.....	25
2.1.6 地质和地震.....	39
2.1.7 小结.....	63

2.2 矿区场址	63
2.2.1 地理位置	64
2.2.2 人口分布	64
2.2.3 社会经济和资源概况	64
2.2.4 气象条件	65
2.2.5 水文	67
2.2.6 地质和地震	73
2.2.7 小结	103
2.3 旧井场址	103
2.3.1 地理位置	103
2.3.2 人口分布	104
2.3.3 社会经济和资源概况	104
2.3.4 气象条件	106
2.3.5 水文	106
2.3.6 地质和地震	109
2.3.7 小结	124
第三章 处置场	125
3.1 处置对象	125
3.1.1 处置范围和规模	125
3.1.2 处置源项	125
3.1.3 废物接收准则	130
3.2 处置场规划和平面布置	131
3.2.1 处置场规划及建设内容	131
3.2.2 总平面布置方案	133
3.2.3 出入口控制	135
3.3 处置场工程设计	135
3.3.1 处置场建设方案	135
3.3.2 配套设施	139
3.3.3 设备选型	140
3.4 废物的处置	141
3.4.1 废物包装形式	141

3.4.2 处置工艺流程	141
3.5 三废的产生及处理	146
3.5.1 施工期主要污染物的产生及处理	146
3.5.2 运行期主要污染物的产生及处理	148
3.6 辐射防护	148
3.6.1 辐射分区	148
3.6.2 远距离操作方式	149
3.6.3 废物接收和吊装码放的辐射防护要求	150
3.6.4 人流、物流控制	150
3.6.5 辐射监测	151
3.7 应急计划	152
3.7.1 应急组织体系	152
3.7.2 应急指挥机构与职责	152
3.7.3 应急程序	156
3.8 质量保证	157
3.8.1 质量保证要求	158
3.8.2 质量控制措施	158
3.8.3 质量控制监督和质保监查	159
3.8.4 纠正和预防措施	159
3.9 处置场关闭	160
3.9.1 关闭的条件	160
3.9.2 关闭方案	160
3.9.3 关闭后的场区控制	161
第四章 环境质量现状	162
4.1 调查内容和取样布点	162
4.2 调查结果	164
4.2.1 燃料处理厂周围监测结果	164
4.2.2 废物减容设施周围监测结果	165
4.3 已有设施对处置场环境的影响	166
4.4 非放环境质量现状评价	167
4.5 小结	167

第五章 安全分析.....	168
5.1 安全策略分析.....	168
5.1.1 选址安全原则与目标.....	168
5.1.2 纵深防御与坚稳性.....	168
5.1.3 被动安全特征.....	169
5.1.4 不确定性的处理.....	169
5.2 安全分析景象开发.....	169
5.3 运行安全分析.....	171
5.4 关闭活动安全分析.....	171
5.5 与其它设施相互影响分析.....	172
第六章 环境影响.....	173
6.1 施工期间环境影响分析.....	173
6.2 运行期的环境影响.....	174
6.2.1 正常工况的辐射环境影响.....	174
6.2.2 非放环境影响.....	175
6.2.3 事故工况下的环境影响.....	175
6.3 关闭后的环境影响.....	176
6.3.1 关闭后景象分析.....	176
6.3.2 地下水途径影响.....	178
6.3.3 事故影响.....	199
6.4 小结.....	211
第七章 环境监测和流出物监测.....	213
7.1 环境及流出物监测的目的.....	213
7.2 运行前的环境本底监测.....	213
7.3 施工期间的环境监测.....	214
7.4 运行期间的环境监测和流出物监测.....	214
7.5 关闭后的环境监测.....	215
7.6 质量保证计划.....	216
7.6.1 质量保证和质量控制.....	216
7.6.2 监测计划的管理和变更.....	217
7.6.3 监测记录和文件管理.....	217

第八章 场址筛选.....	218
8.1 场址筛选条件.....	218
8.2 场址适宜性排序.....	229
第九章 处置场建造和运行的效益分析.....	230
9.1 利益分析.....	230
9.1.1 处置能力.....	230
9.1.2 安全效果.....	230
9.1.3 经济利益.....	230
9.1.4 社会和环境利益.....	231
9.2 代价分析.....	231
9.2.1 经济代价.....	231
9.2.2 社会代价.....	232
9.2.3 环境代价.....	232
9.3 效益分析.....	232
9.3.1 效费比.....	232
9.3.2 社会效益.....	233
9.3.3 环境效益.....	233
第十章 结 论.....	234
10.1 项目概况.....	234
10.2 环境质量现状.....	234
10.3 废物的产生及处理.....	234
10.3.1 施工期废物产生及处理.....	234
10.3.2 运行期主要污染物的产生及处理.....	235
10.4 环境影响.....	236
10.5 公众参与.....	237
10.6 承诺.....	237
附件一： 政府相关批文.....	239

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、有效的处置这些产生的低放废物，是核能发展必须亟待解决的问题。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。

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，规划占地 958 亩，用于建设低放固体废物处置场、低放可燃废物焚烧站、固体废物超级压缩车间和极低放固体废物填埋场等设施。其中，低放固体废物处置场项目（以下简称“处置场”）的开发、建设和运行单位为中核清原环境技术工程有

限责任公司(以下简称“清原公司”), 处置场总规划处置容量为 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, 处置能力设计为 $4000m^3/a$, 运行期 10 年。

清原公司位于北京市西城区, 成立于 1995 年, 是中国核工业集团有限公司核环保工程产业板块的专业工程公司。清原公司经国家授权主要从事核设施退役、放射性废物处理、放射性废物处置场建设运行、放射性物质运输, 以及与放射性物质处置、运输相关的包装容器研发和销售等业务。

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。

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《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场项目场址普选报告》(2020.6)、《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段建设项目可行性研究报告》(2020.7)、《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场场址安全分析报告》(2020.7)所提出的推荐场址、处置方案和低放废物源项等,对甘肃低放废物处置场的建造、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:甘肃低水平放射性固体废物集中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

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 21000 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,且中核集团负责建设运营的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，拟建的甘肃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 处置场选址工作

2020年5月至6月，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，编制了《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场项目场址普选报告》，最终推荐位于甘肃省酒泉市核技术产业园的金塔场址，即甘肃低放废物处置场，处置场的选址工作详见报告第八章场址筛选。

1.5 建设内容和规划

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，规划占地958亩，用于建设低放固体废物处置场、低放可燃废物焚烧站、固体废物超级压缩车间和极低放固体废物填埋场等设施。中核集团金塔环保产业园首期开展甘肃低放废物处置场、极低放废物处置场和废物贮存库三个项目的一期一阶段建设。其中甘肃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，处置能力为4000 m^3/a ，运行期10年。甘肃低放废物处置场主要用于处置核电厂和其他领域等设施产生的低水平放射性固体废物。

本项目主要新建内容有：低放废物处置区、生产用车库房、应急柴油发电机房、消防水池及泵房、锅炉房、综合办公楼、厂区出入口及部分室外工程，总占地面积 12189.12m²，建（构）筑总建筑面积 15312.18m²。

1.6 编制依据

1.6.1 国家法律法规和标准

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年
- (4) 《中华人民共和国核安全法》，2017 年
- (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院 682 号令，2017 年
- (6) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令第 612 号，2011 年
- (7) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院 562 号令，2010 年
- (8) 《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》，环境保护部令第 25 号，2013 年
- (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 1 号，2018 年
- (10) 《甘肃省辐射污染防治条例》，甘肃省人民代表大会常务委员会公告第 19 号，2015 年
- (11) 《放射性废物分类》，环保部公告第 65 号，2017 年
- (12) 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) GB8978-1996 《污水综合排放标准》
- (30) GB12348-2008 《工业企业厂界环境噪声排放标准》
- (31) GB12523-2011 《建筑施工场界环境噪声排放标准》
- (32) GB16297-1996 《大气污染物综合排放标准》
- (33) HJ/T61-2001 《辐射环境监测技术规范》
- (34) HJ 2.2-2018 《环境影响评价技术导则 大气环境》
- (35) GB3095-2012 《环境空气质量标准》

1.6.2 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》。

1.6.3 主要技术资料

(1) 中国核电工程有限公司，《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场一期一阶段建设项目可行性研究报告》，2020年7月

(2) 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

(3) 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

(4) 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

(5) 中国核电工程有限公司，《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场项目场址普选报告》，2020年6月

(6) 中国核电工程有限公司，《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场场址安全分析报告》，2020.7

(7) 《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

(8) 甘肃酒泉核技术产业园总体规划（2017~2030）

1.6.4 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，见附件一）

(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）

1.7 环境管理目标

1.7.1 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，将处置场营运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，整个处置场关闭后对公众造成的剂量不超过 0.2mSv/a；事故情况下，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。

1.7.2 废物的设计接收限值

1.7.2.1 废物接收标准

(1) 剂量率控制值

根据源项调查资料，甘肃低放废物处置场接收的废物包表面辐射剂量率小于 30mSv/h。

(2) 活度浓度控制值

废物包中放射性核素活度浓度需满足《放射性废物分类》中给出的低水平放射性废物活度浓度上限值（见表 1.7-1）。

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+08
金属中的 C-14	5.0E+08
金属中的 Ni-63	1.0E+09
Ni-63	1.0E+10
金属中的 Ni-63	5.0E+10
Sr-90	1.0E+09
金属中的 Nb-94	1.0E+06
Tc-99	1.0E+07
I-129	1.0E+06
Cs-137	1.0E+09
半衰期大于 5 年发射 α 粒子的超铀核素	4.0E+05 (平均) 4.0E+05 (单个废物包)

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。

1.7.2.2 设计接收废物的量

甘肃低放废物处置场规划总处置容量为 100 万 m^3 ，处置的低放废物总活度为 4.46×10^{17} Bq。一期一阶段建设处置容量为 4 万 m^3 ，处置的低放废物总活度为 1.37×10^{16} Bq。

1.7.3 含放射性核素废水排放限值

本工程运行后，将对可能产生的洗车废水、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 $\alpha \leq 1$ Bq/L，总 $\beta \leq 10$ Bq/L，排入园区废水管网，若不满足要求，收集后进行就地水泥固化处理。

1.8 非放环境管理目标

1.8.1 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 1.8-1。

表 1.8-1 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。

1.8.2 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 1.8-2。

表 1.8-2 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(如生活污水等)排入地埋式污水处理设施处理后,经检测污染物达到《污水排入城市下水道水质标准》(GB/T31962-2015)排放标准后,排入园区污水管道系统。废水中污染物排放限值见表 1.8-3。

表 1.8-3 排入园区污水管网前废水中污染物浓度限值

污染物	单位	排放限值	执行标准
pH	-	6.5~9.5	《污水排入城镇下水道水质标准》 (GB/T31962-2015)
COD	mg/L	500	
BOD ₅	mg/L	350	
SS	mg/L	400	
氨氮	mg/L	45	
硫酸盐	mg/L	600	
氯化物	mg/L	800	
氟化物	mg/L	20	

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),本项目辐射环境影响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
	生地湾农场一分场	SE	9.5	312		
	生地湾农场二分场	SSE	6.3	649		
	生地湾农场三分场	S	7.3	676		
	生地湾农场四分场	SSE	9.8	634		
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

根据“勘查的合适区域可以是自然或行政边界所确定的地区，也可以是与主要废物产生单位相毗邻的地区”这一区域勘查原则，并从减少废物运输过程风险、减少废物运输成本等角度考虑，重点在甘肃省内选择处置场场址，优先考虑毗邻中核集团规划的废物处理项目的地区。结合甘肃省内已有核设施场址条件分析，综合确定可能含有合适场址的地区为：甘肃北山地区、甘肃矿区和酒泉核技术产业园地区。综合考虑包括人口分布、社会经济和资源、气象、水文地质、地质和地震等多方面因素，进行了资料分析，提出如下3个候选场址：

- (1) 金塔场址（甘肃酒泉核技术产业园）
- (2) 矿区场址（甘肃矿区）
- (3) 旧井场址（北山地区）

各候选场址的位置，见图 2-1。



图 2-1 各候选场址位置

2.1 金塔场址

2.1.1 地理位置

金塔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。

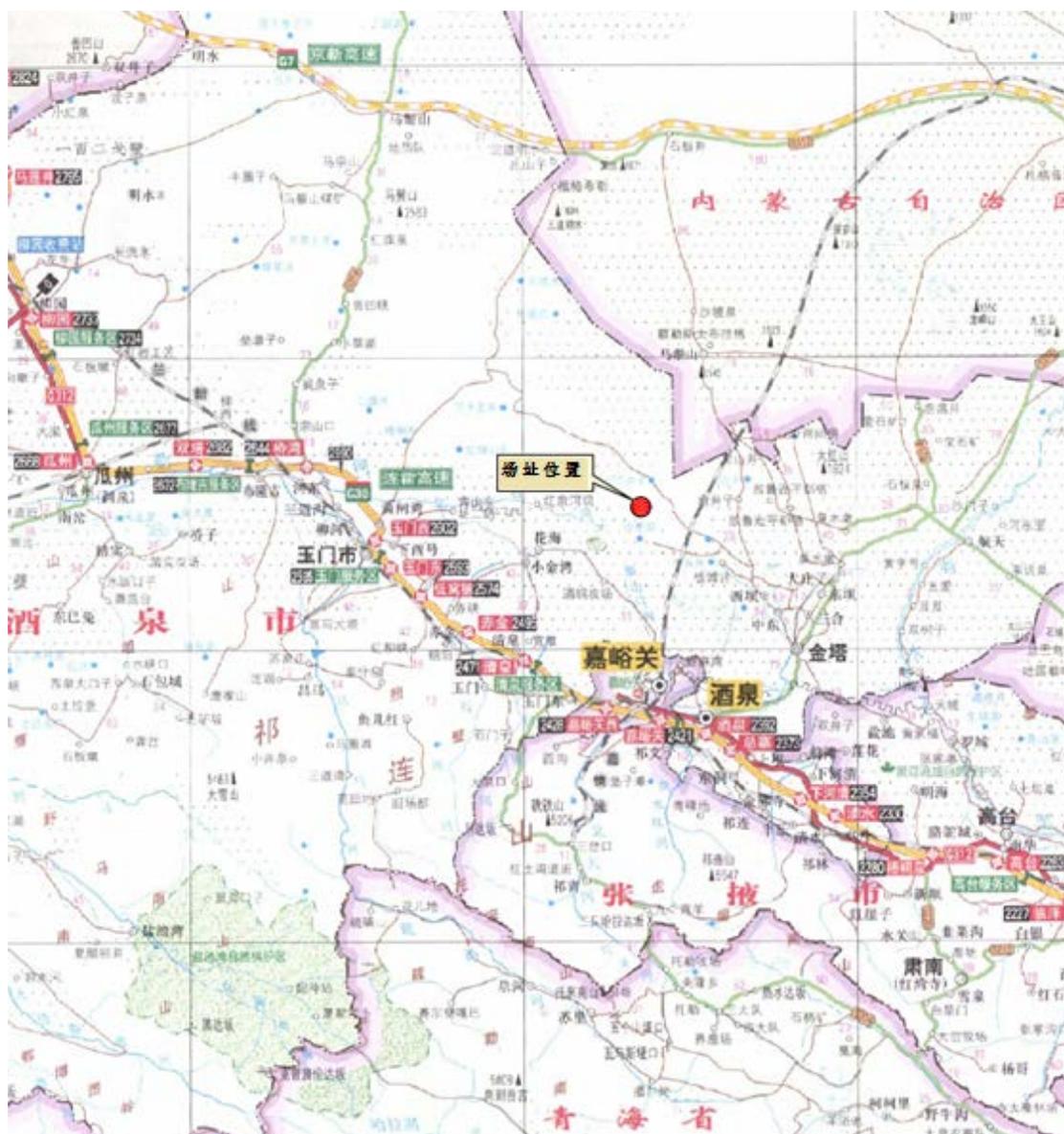


图 2.1-1 金塔场址地理位置示意图

2.1.2 人口分布及饮食习惯

2016年，中国辐射防护研究院对核燃料循环科技示范项目场址周围人口和人口分布及食谱进行了现场调查，编制了《核燃料循环科技示范项目场址周围人口和人口分布及食谱调查专题报告》。金塔场址位于核燃料循环科技示范项目场址东侧约7 km处。金塔场址的人口和食谱数据采用该次现场实际调查数据，人口分布根据具体位置进行适当调整。另外，清原公司已委托中国核电工程有限公司开展人口调查工作，下一阶段将根据最新的人口调查报告更新本章节。

2.1.2.1 各子区现有人口分布及年龄构成

金塔场址半径5km范围内不存在行政村及自然村。金塔场址半径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，包括生地湾农场一分场、二分场、三分场和四分场。金塔场址半径10km范围内的人口分布情况见表2.1-1和图2.1-1。

金塔场址半径10km范围总人口为2271人，平均人口密度为7人/km²；金塔场址半径5km内没有常住居民。金塔场址所在金塔县平均人口密度为9人/km²，人口自然增长率为3.05%。金塔县人口年龄结构见表2.1-2。

表 2.1-1 金塔场址半径10km范围内居民点分布情况（2015年）

序号	生产队、自然村名称	人口数	距离（km）	方位
1	生地湾农场一分场	312	9.5	SE
2	生地湾农场二分场	649	6.3	SSE
3	生地湾农场三分场	676	7.3	S
4	生地湾农场四分场	634	9.8	SSE

表 2.1-2 金塔县人口年龄结构（2015年）

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

2.1.2.2 人口发展规划

金塔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。

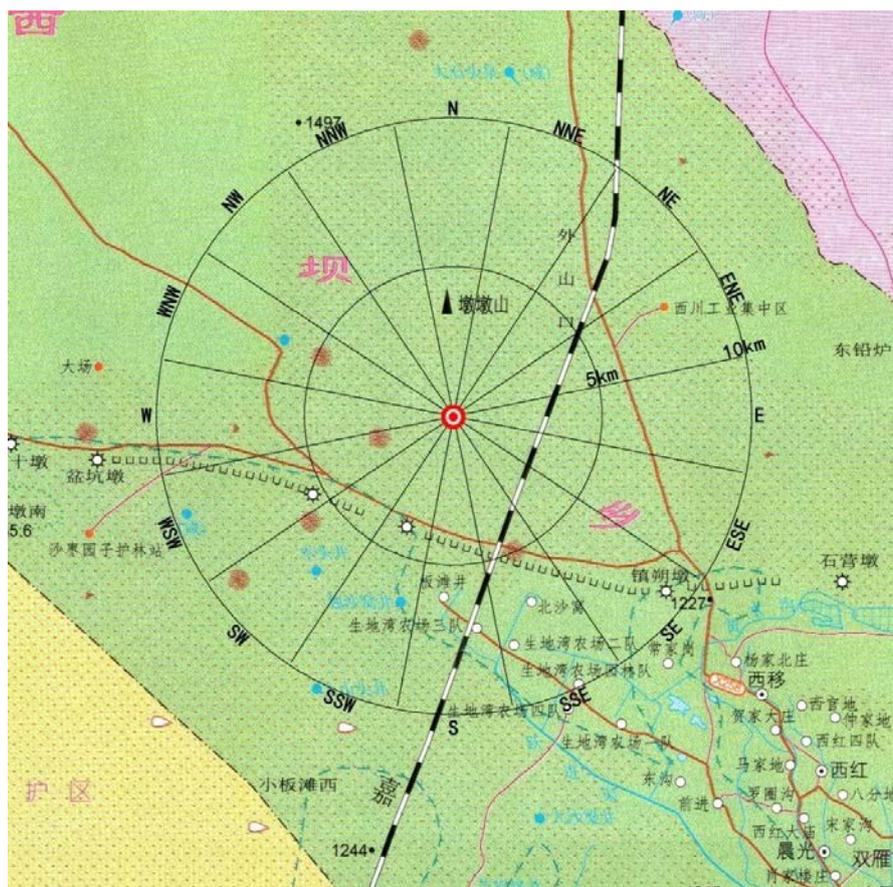


图 2.1-2 金塔场址半径 10km 范围人口分布图

2.1.2.3 居民饮食习惯

生地湾农场居民食谱的抽样调查结果见表 2.1-3。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 2.1-3 生地湾农场居民平均食物消费量 (kg/a)

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

2.1.3 社会经济和资源概况

2.1.3.1 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。

金塔场址半径 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。

金塔场址半径 10 km 范围内不存在学校、医院和监狱。

2.1.3.2 土地利用

金塔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 2.1-3）。



图 2.1-3 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、多用途模块化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)。

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。

金塔场址 10km 范围内存在采矿企业 4 家(见表 2.1-4)，纳入核技术产业园统一管理。由于目前市场不景气，该区 2018 年无采矿企业生产。

表 2.1-4 金塔场址半径 10 km 范围内采矿企业情况

企业名称	主要经营生产品种	年产值(万元)	职工人数	相对场址位置关系	
				方位	距离(km)
金塔县浩德矿业有限公司(2012 年停产)	铅锌矿采选	0	1	ESE	7.6
金塔县万通矿业有限责任公司	铁矿石采选 铁精粉 10 万吨	0	生产期约 40 人/停产 期 8 人	ESE	7.8
金塔县西川(万达)矿业有限公司(建成未投产)	金矿石采选	0	6	ESE	8.0
金塔县昌鑫矿业有限责任公司(2012 年停产)	铁矿石采选	0	2	ESE	7.2

2.1.3.4 交通运输

金塔场址半径 10 km 范围内现有嘉策铁路 1 条铁路，主要是向策克口岸运输煤炭，位于场址东部，距场址的最近距离为 1.8km，在场址 ESE 方位。

金塔场址半径 10 km 范围内的交通运输方式主要为公路运输，现有 1 条县道、3 条专用道路和多条乡村道路。该范围内主要是戈壁荒山，居民点稀少，仅有生地湾农场部分居民点，从金塔县城经县道 X 258 -西坝乡镇区- Z108 连通上述 3 个居民点。由县道 X 258 连接 Z 300、Z 301 可到达各矿点(“Z”表示专用道路，此类道路大部分为车辆直通各矿点在戈壁中长期碾压而成，路面为戈壁滩沙砾自然路面，无铺装，无等级)。场址西侧示范厂已建成专用道路，自示范厂向东南至嘉策铁路西侧后与嘉策铁路并行向南至嘉峪关。根据

目前的调查资料，场址半径 15km 范围内没有涉及重要道路的发展规划。厂址半径 10km 范围交通运输情况见图 2.1-4。

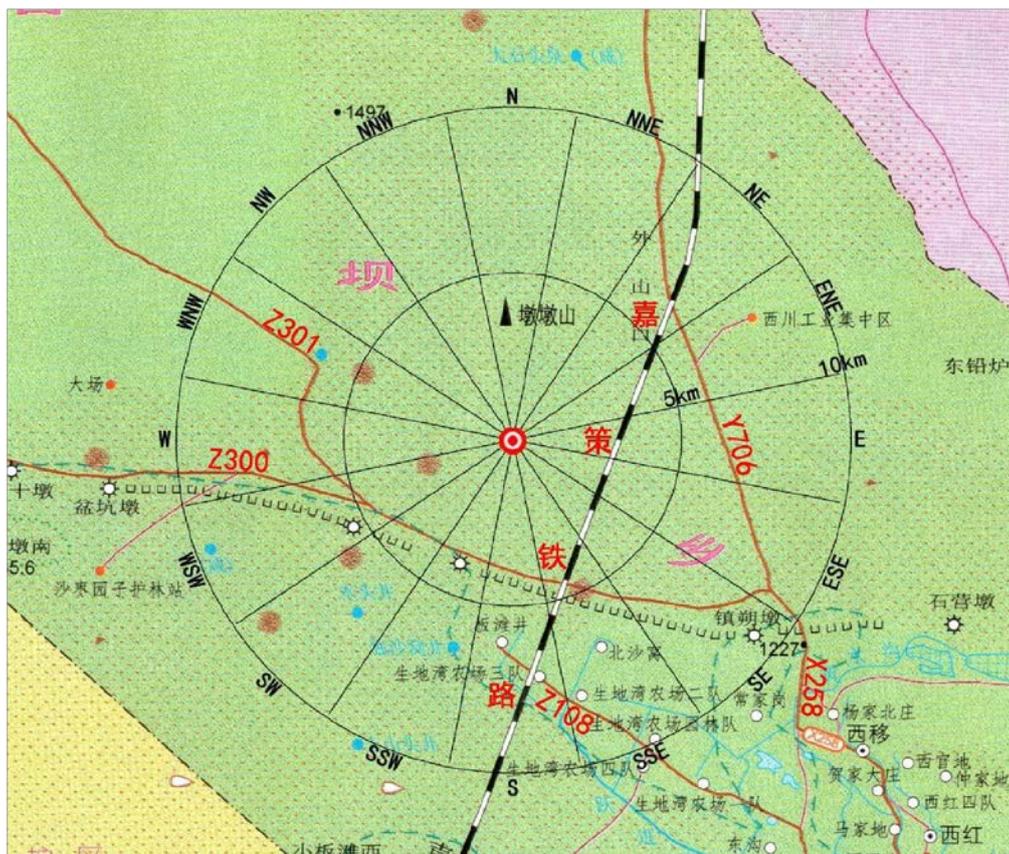


图 2.1-4 金塔场址半径 10 km 公路、铁路分布情况

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

2.1.3.5 自然保护区和文物保护单位

金塔场址 10km 范围内无自然保护区和文物保护单位，距场址最近的自然保护区为甘肃省金塔县沙枣园子省级自然保护区（见图 2.1-5），该保护区位于场址 S ~ WSW 方位，距场址约 13 km。

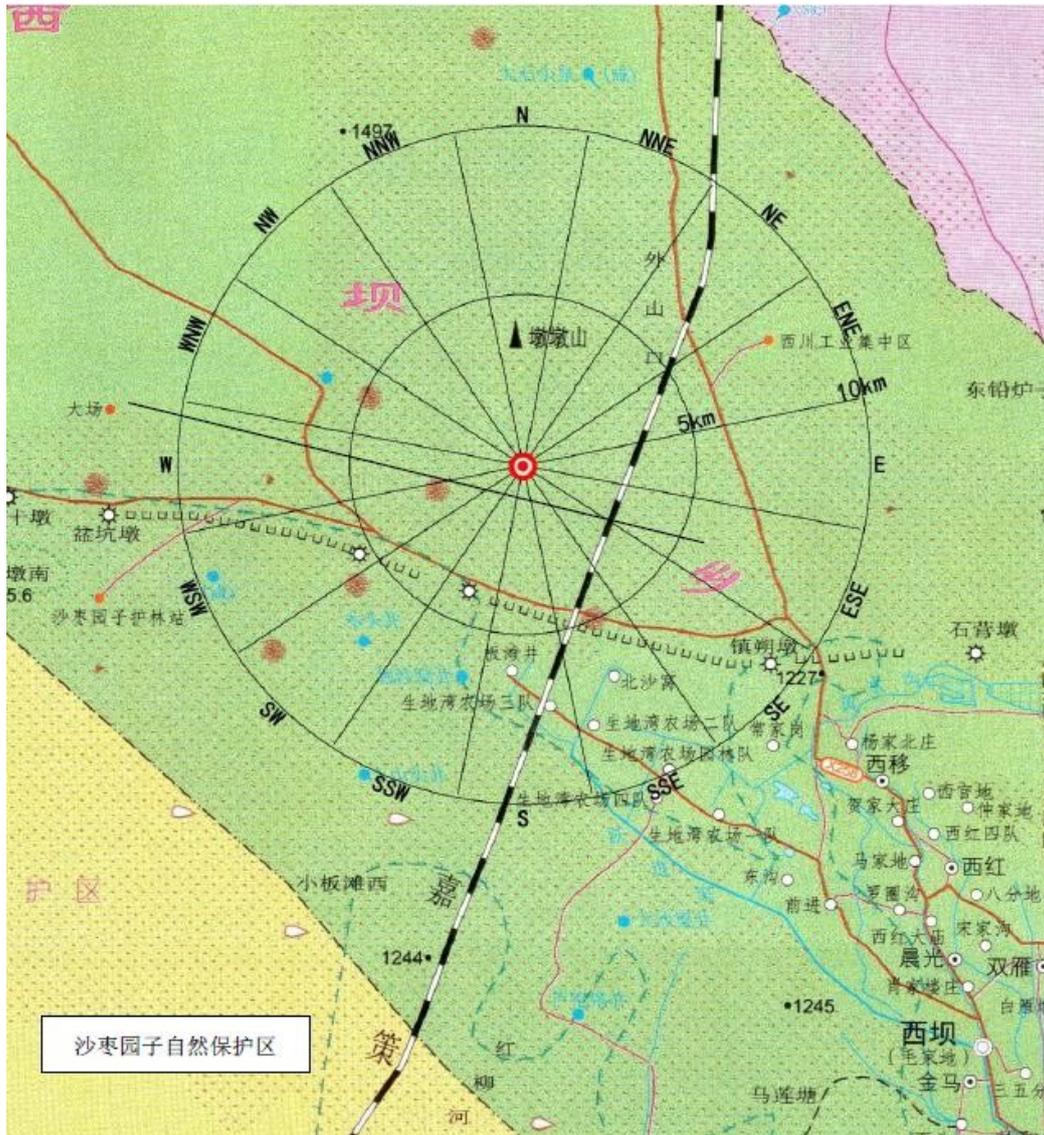


图 2.1-5 金塔场址与沙枣园子自然保护区相对位置图

2.1.3.6 生态环境状态

金塔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。

2.1.4 气象

2.1.4.1 场址气象条件

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

金塔场址距离核燃料循环科技示范项目 7 km，两者地形基本一致，因此，可以采用核燃料循环科技示范项目的气象观测数据。根据《核燃料循环科技示范项目场址气象铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析技术报告(2013.4~2015.3)》(中国辐射防护研究院，2016 年)的统计资料，地面站两年观测统计的年平均风速 4.65 m/s，年平均温度 9.41 °C，年平均露点温度-8.34 °C，年平均湿球温度 2.76 °C，年平均相对湿度 35.30%，年平均气压为 876.4 hPa，年均降雨量 18.1 mm。

2.1.4.2 极端气象

(1) 龙卷风与热带气旋

评价区内出现过的龙卷风最高级别是 F1 级，据此，保守地假定场址所在区域设计基准龙卷风富士达级别为 F2 级，设计基准风速取 F2 级别的中值 60.0m/s。

(2) 极端风速

根据《燃料处理工业示范厂场址区域常规气象和极端气象补充调查及设计基准复核》，对场址与最大风速拟合结果最大的玉门镇气象站 2011~2015 年 3 月同期数据进行量差对比分析，同样考虑 10% 时的量差为 5.7m/s，小于前期成果的最大量差 6.4m/s，偏保守考虑，确定以玉门镇气象站拟合得到百年一遇的 10 分钟最大风速（29.0m/s）与最大量差（6.4m/s）之和作为场址最大风速设计基准，即场址

10m 高度处百年一遇 10 分钟最大风速值为 35.4m/s。

(3) 极端温度

根据《燃料处理厂（甘肃金塔场址）场址区域极端气象现象和灾害调查、统计分析和设计基准评价报告》，对酒泉、金塔、鼎新、玉门镇和场址气象站温度实测样本进行耿贝尔极值统计，得到场址极端温度的设计基准为：百年一遇最高温度为 45.7℃和百年一遇最低温度为-35.5℃。

(4) 极端积雪

百年一遇雪压基准雪压为 0.33 kN/m²作为场址设计基准雪压。

(5) 沙尘暴

保守考虑采用 1993 年 5 月 5 日特大沙尘暴时最大值出现地金昌的沉降值（729.06 t·km⁻²·月⁻¹）作为场址沙尘暴的降尘设计基准。

(6) 其它灾害性天气

冰雹：酒泉、金塔、鼎新、玉门四个气象站收集资料表明，冰雹天气主要集中出现在 4~8 月，场址区域属少雹区，年平均降雹日数最多为 0.5 天，夏季 6 月份降雹最多，冬季无冰雹天气出现。

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 66.5~102.0 天之间。

雾：年均雾日数在 42~159 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。

2.1.5 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 2.1-6，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 20.91km²，是区内唯一地表水系，调查期间测得湖水面标高约 1219m。

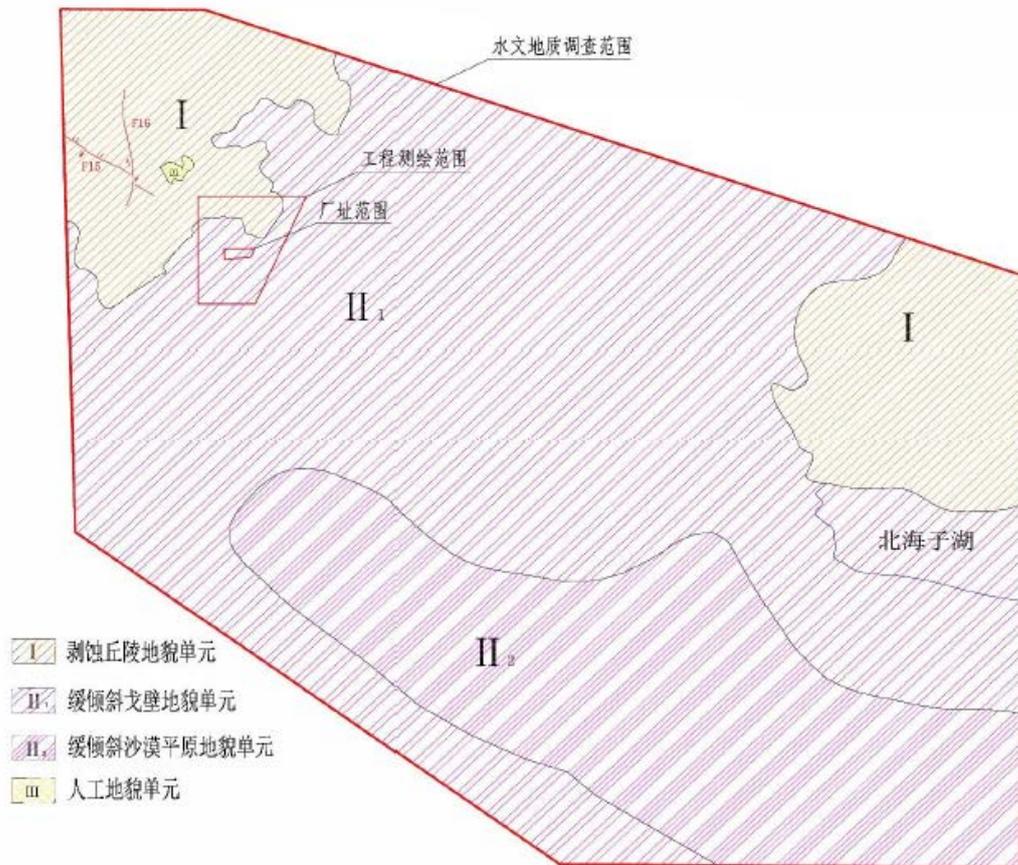


图 2.1-6 水文地质调查范围图

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。

2.1.5.1 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 3000~5000m³/d，北部 1000~3000m³/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 3000~5000m³/d，北部 1000~3000m³/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。

2.1.5.2 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。

2.1.5.2.1 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 2.1-5。

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 2.1-5 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 2.1-6。

表 2.1-6 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	/			

2.1.5.2.2 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 2.1-7。

表 2.1-7 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，拟建场地强风化岩体流速 $2.47 \times 10^{-6} \sim 6.26 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ，平均流速 $4.19 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ，约 1.33m/a；中等风化岩体的流速 $2.41 \times 10^{-6} \sim 1.70 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，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。

2.1.5.2.3 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 2.1-8。

表 7.6 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 $1.65\times 10^{-6}\sim 6.35\times 10^{-5}$ 。

2.1.5.2.3 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 2.1-9。

表 2.1-9 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。

2.1.5.2.4 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 2.1-7。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 2.1-7 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依靠来源于大气降水的水源补给，同时，受蒸发影响较小。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。

2.1.5.3 工程水文

2.1.5.3.1 水文描述

甘肃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，场址为内陆场址。场址区域内有疏勒河水系和讨赖河水系两大水系。疏勒河经昌马峡后亦称为昌马河，汇入昌马水库。黑河流域的支流讨赖河、临水河和清水河汇入鸳鸯池水库。

(1) 疏勒河

疏勒河流域地处甘肃省河西地区的祁连山区，流域面积 10961km²。流域东部在讨勒南山与讨赖河流域相邻，西南部在疏勒南山与党河流域接壤，南部在青海省以祁连山分水岭为界，北部与河西走廊平原相连。疏勒河水系位于河西走廊西部，由白杨河、石油河、疏勒河（昌马河）、踏实河、党河、安南坝河等组成。

疏勒河干流发源于祁连山中脉，上游汇讨赖南山南坡，及疏勒南山北坡诸冰川支流，入昌马盆地，会小昌马河，继续北流穿昌马峡。经昌马峡后，疏勒河亦称昌马河，过玉门镇后复称疏勒河。昌马河流域深居大陆腹地，气候干旱少雨，大部分靠祁连山的雪水融化注入。据昌马堡水文站实测资料统计，昌马河多年平均流量 32.7m³/s，年径流量 10.31 亿 m³，实测最大洪峰流量 758m³/s，最小洪峰流量 89.2m³/s。流域多年平均降雨量 94.2mm，平均年蒸发量 2800.2mm。

(2) 讨赖河

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%。

2.1.5.3.2 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。

2.1.5.3.3 场址防洪

考虑可能最大降雨引起鸳鸯池水库溃坝洪水与讨赖河区间可能最大洪水组合工况，并考虑风浪因素造成水位上升的影响，计算得到场址断面对应的讨赖河干流可能最大洪水位为 1227.68m，低于本项目暂定的场坪标高，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。为防止场区附近小流域降雨洪水对场区构成影响，可通过设置截排洪沟、挡洪护堤、规划行洪通道等工程措施解决，保证场区防洪安全。

2.1.6 地质和地震

2.1.6.1 地形地貌

金塔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。

金塔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。金塔场址地形地貌见图2.1-8。



图 2.1-8 金塔场址地形地貌

2.1.6.2 区域地震地质特征

场址区域范围是指金塔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°。

2.1.6.2.1 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2.1-9。场址位于天山褶皱系（I），靠近塔里木地台（II）。

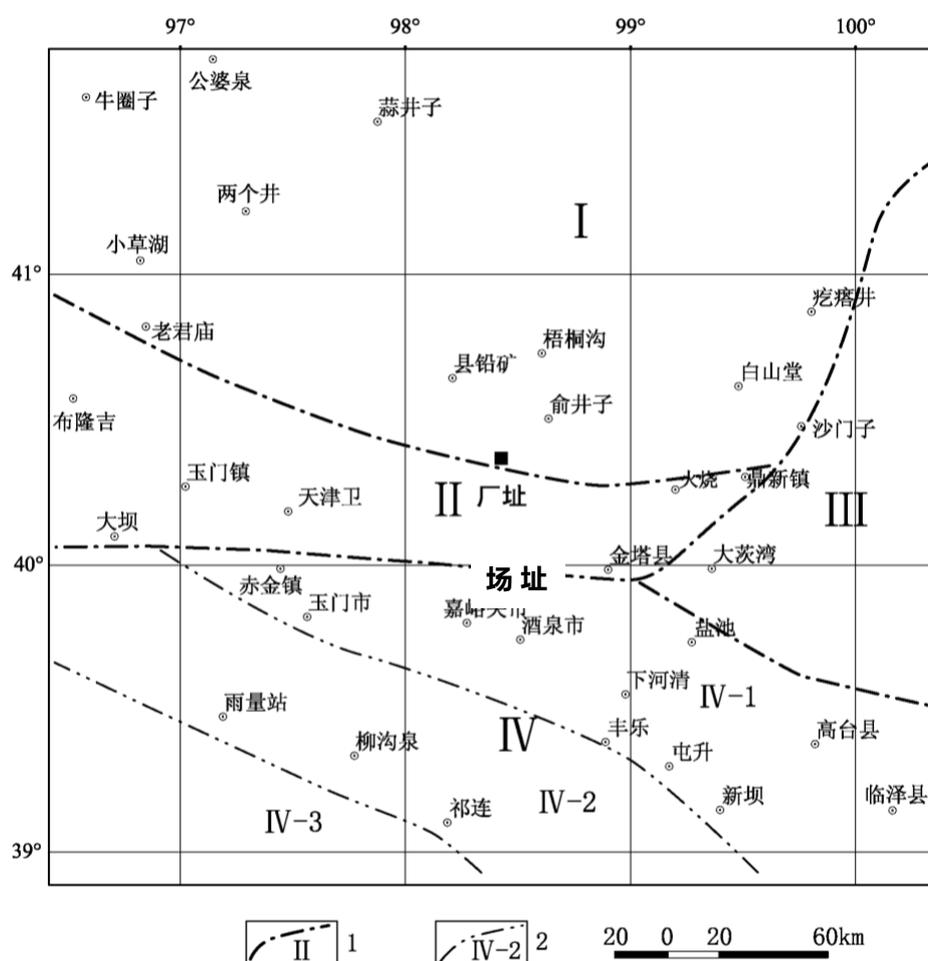


图 2.1-9 区域大地构造分区图

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。

2.1.6.2.2 新构造运动

2.1.6.2.2.1 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。

2.1.6.2.2.2 新构造运动分区

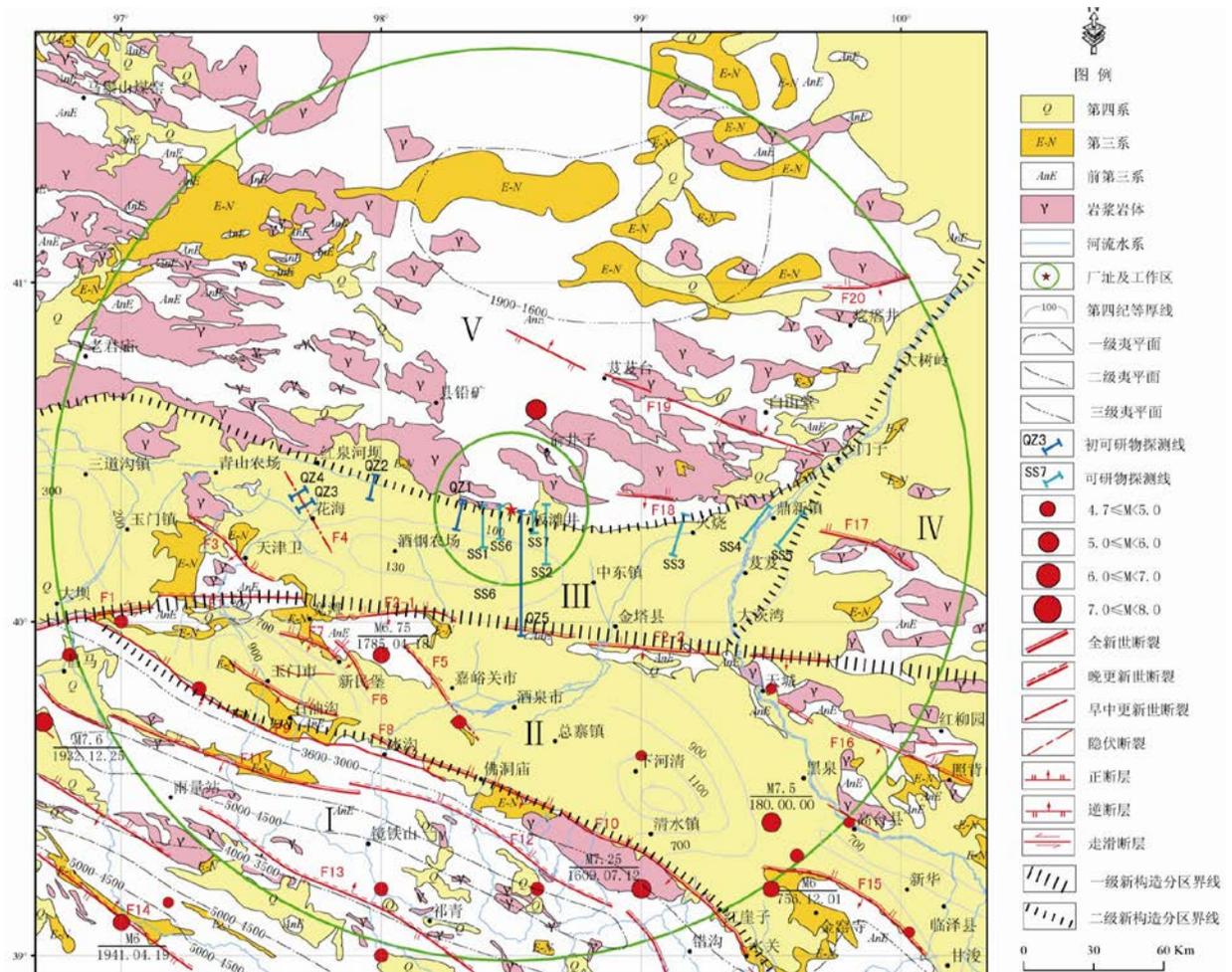
根据区域范围内各地新构造运动的发育历史、表现形式、第四纪沉积物厚度、阶地级数、高差、现代构造应力作用方式以及地震活动等资料，可将场址及其附近地区划分为5个新构造区（图2.1-10）。场址位于北山隆起区（V）与敦煌—安西沉降区（III）分界线附近。

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。

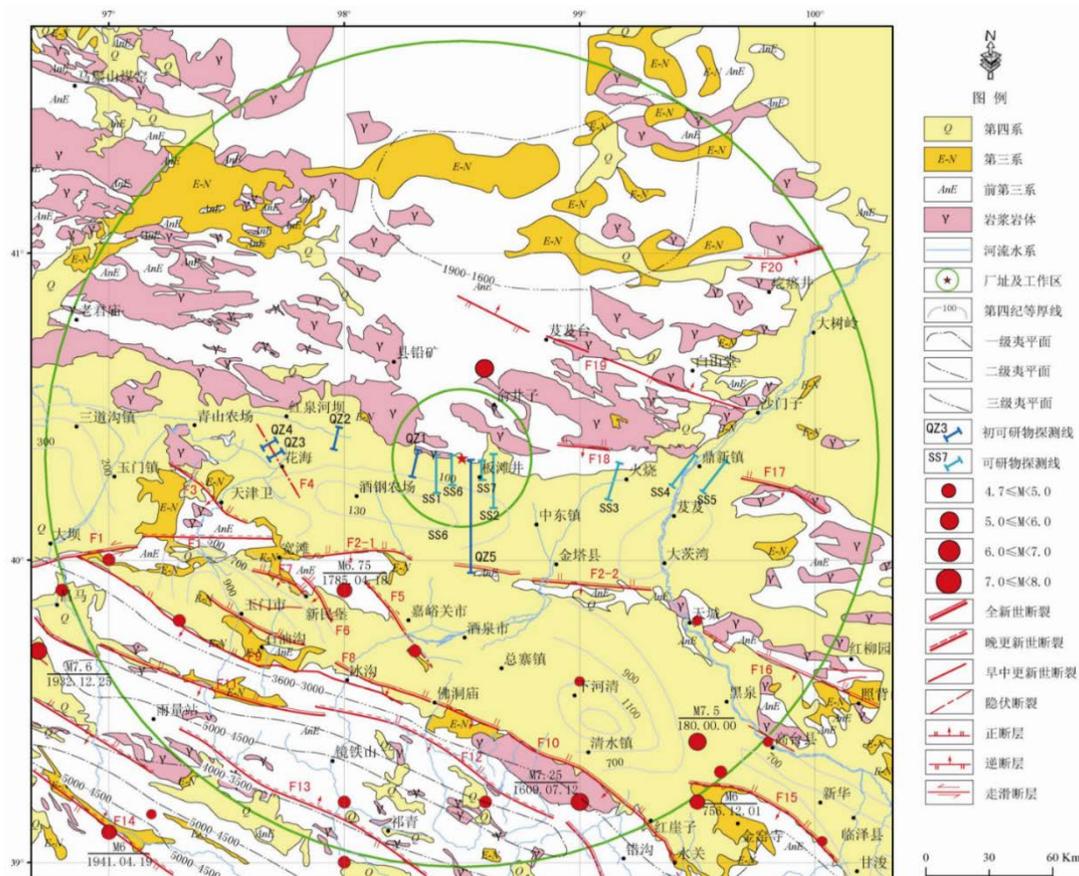
图 2.1-10 区域新构造分区图

2.1.6.2.2.3 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2.1-11和表2.1-10。



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.早峡-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 2.1-11 区域地震构造图

表 2.1-10 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		逆左旋	
						赤金堡以东 Q3			
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	

2.1.6.2.3 区域地震特征

2.1.6.2.3.1 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。

2.1.6.2.3.2 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 2.1-11）。区域内破坏性地震震级档的地震次数见表 2.1-12。

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 2.1-11 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 (Ms)
	年	月	日	经度 (°)	纬度 (°)	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	青海尕斯库勒			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 2.1-12 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

2.1.6.2.3.3 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 2.1-12）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 2.1-13 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。

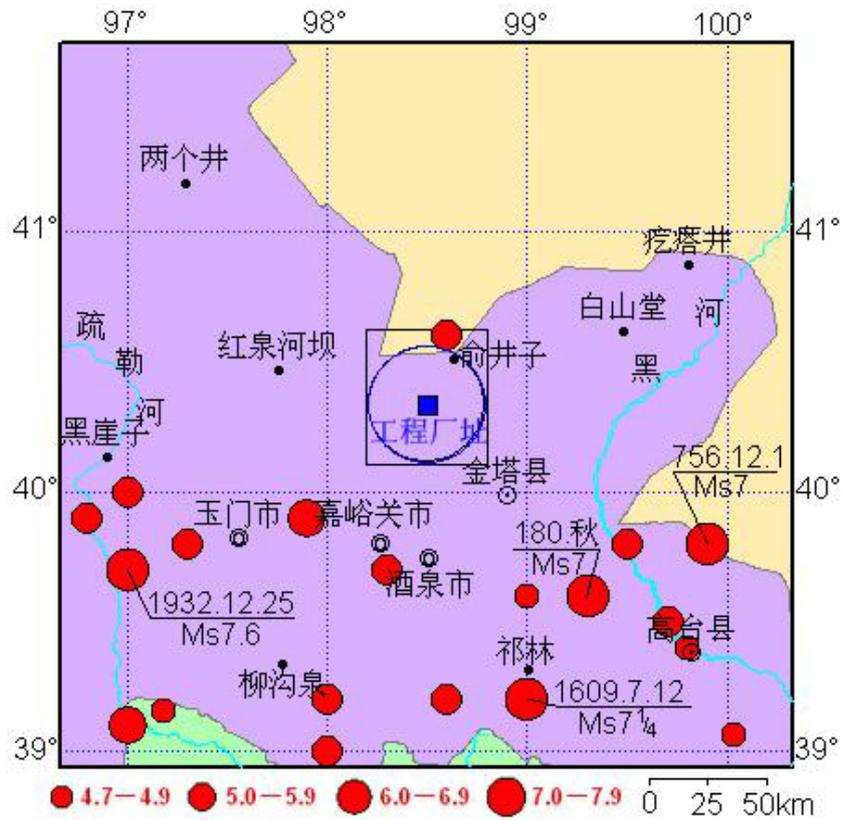


图 2.1-12 区域破坏性地震震中分布图（方框为近区域范围）

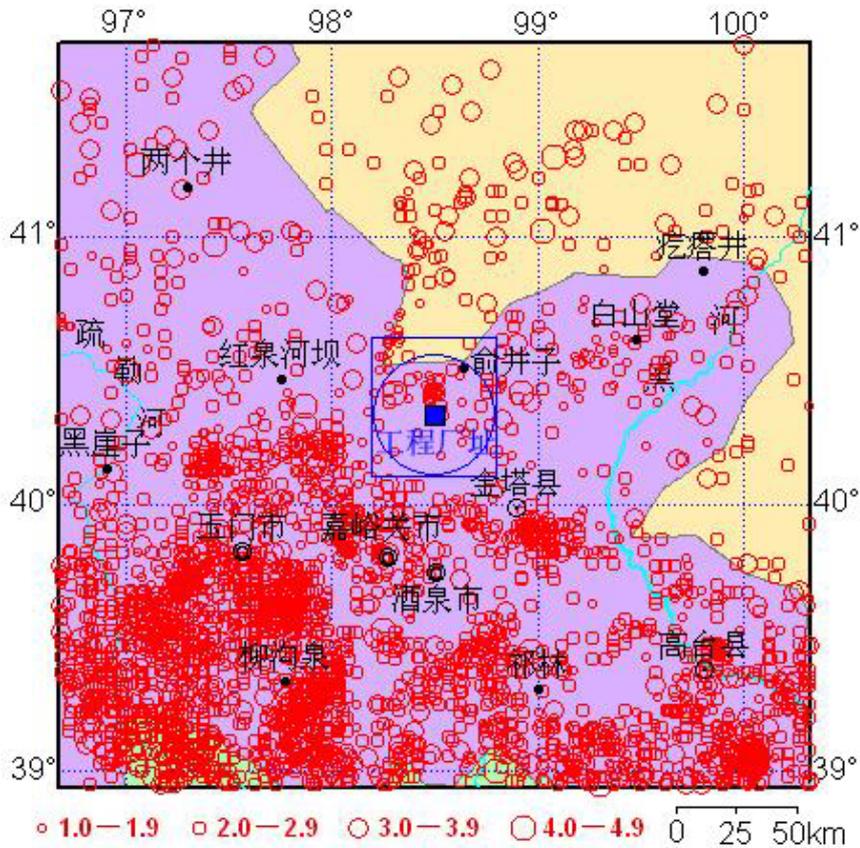


图 2.1-13 区域仪器记录小震震中分布图（方框为近区域范围）

(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 2.1-14 为区域内精定位前后地震震源深度分布直方图。表 2.1-13 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 2.1-14 和表 2.1-13 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。

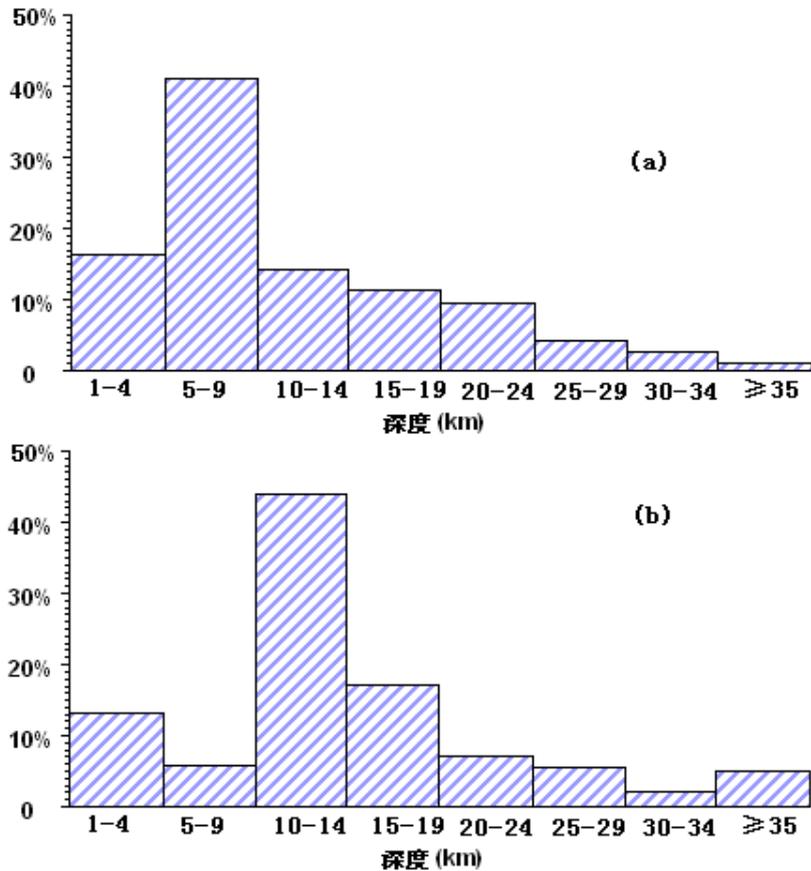


图 2.1-14 区域内地震震源深度分布直方图（a 为精定位前，b 为精定位后）

表 2.1-13 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

2.1.6.2.3.4 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 2.1-14，历史综合等震线图见图 2.1-15。

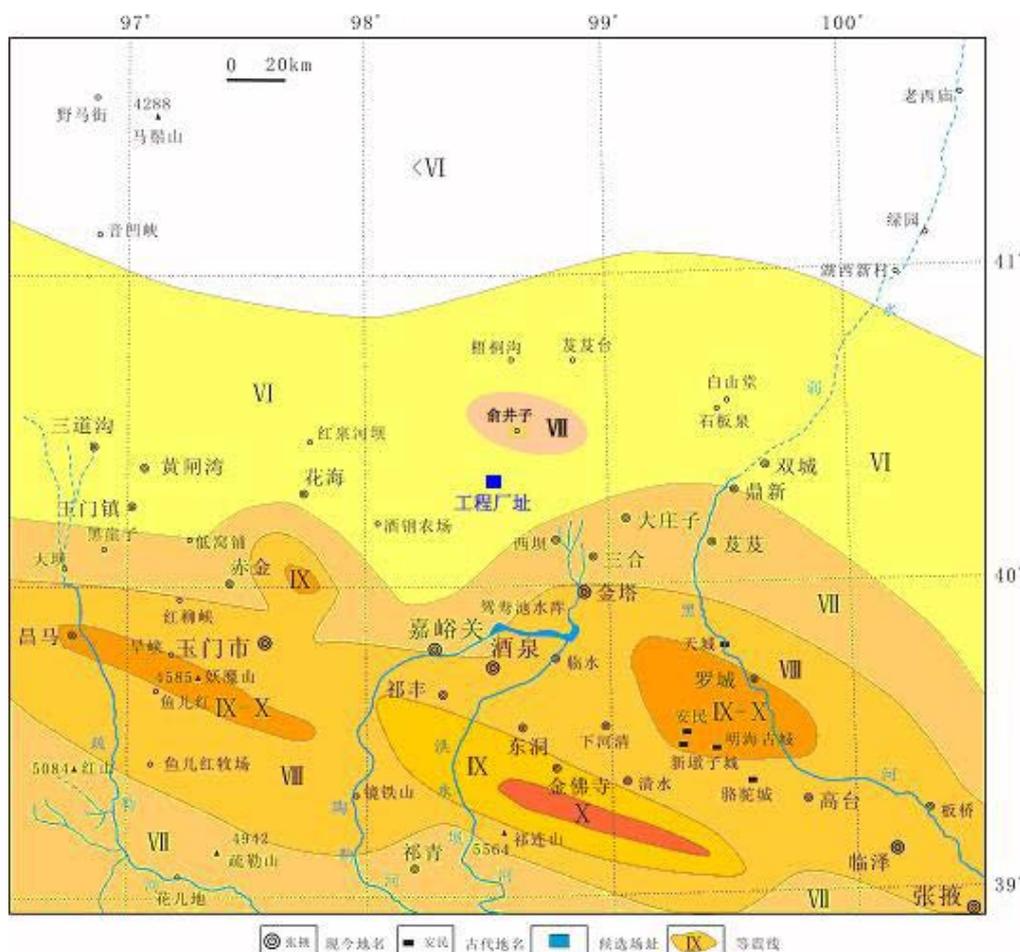


图 2.1-15 区域范围历史地震综合等震线图

表 2.1-14 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	

2.1.6.2.3.5 地震活动环境评价

通过本章的论述，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。

2.1.6.2.4 近区域地震地质特征

2.1.6.2.4.1 地质构造背景

场址近区域 ($N40.099488^\circ - 40.626877^\circ$ 、 $E98.192172^\circ - 98.805921^\circ$) 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。

2.1.6.2.4.2 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（图 2.1-16）。

① 低山丘陵区

位于近区域的东北部，由北西—北西西走向的条带状山体与宽缓的山间盆地相间构成。总体地势北高南低，地面海拔高程在 1610～1240m 之间，形成向南倾斜的大缓坡。山体走向一般与岩体展布方向、地层展布方向及地层走向一致，成带状分布。岩层区山顶多刀锋状，岩体区山顶多浑圆状，表面覆盖厚约 20cm 的风化残坡积层。山体间为宽缓的山间盆地，走向与山体大体一致，盆地内部

地形平缓。冲沟不发育，多呈拉宽的 U 形地貌，切割深度浅，第四纪覆盖物较薄，多为基岩直接裸露地表。

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 2.1-17 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。

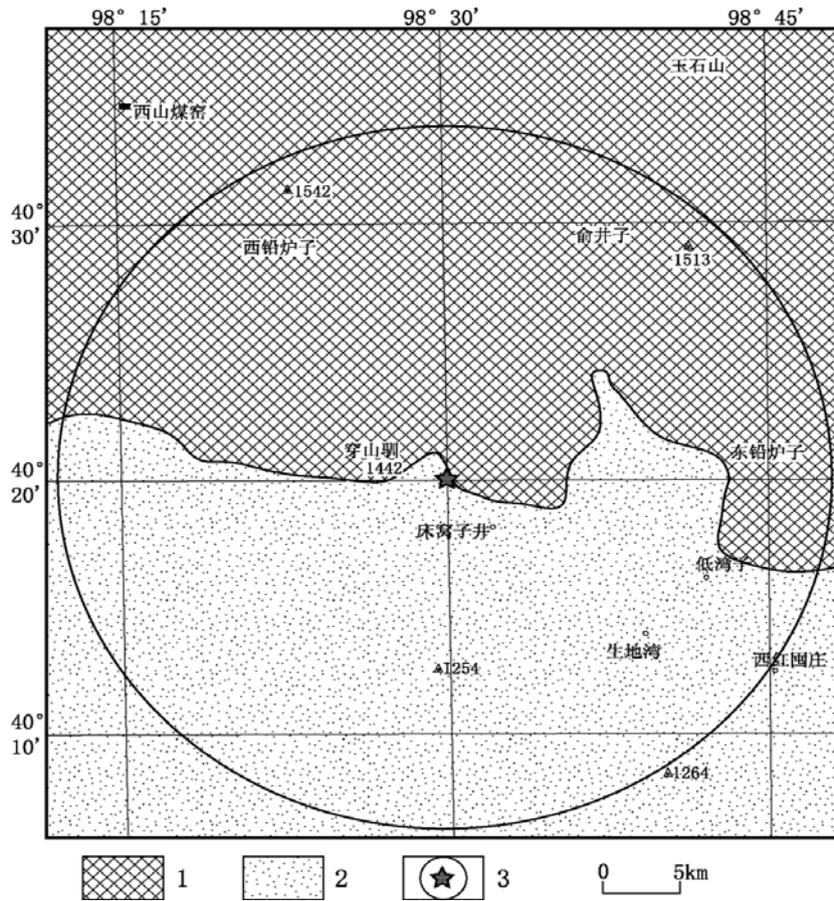


图 2.1-16 近区域地貌单元分区图

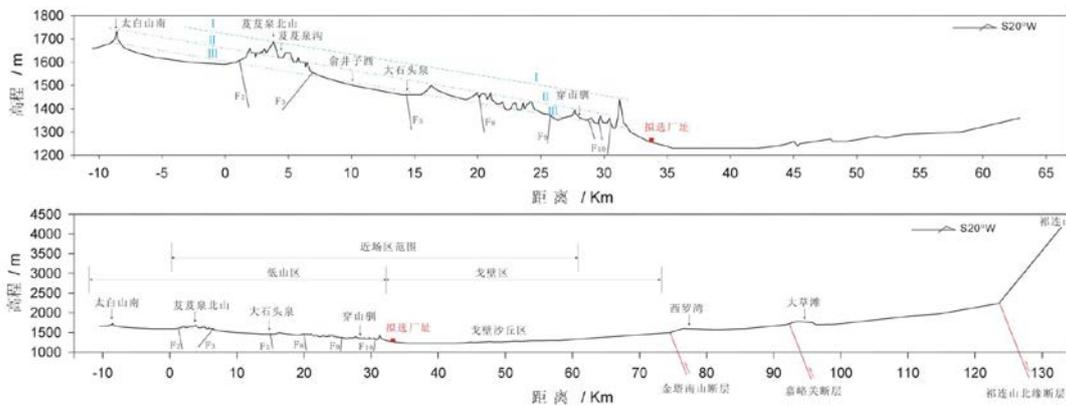


图 2.1-17 场址近区域南北向地势分布及地貌单元分区图

2.1.6.2.4.3 断裂活动性

近区域断裂较为发育，根据其走向、规模及相互关系，大致可归并为北西、北北西、北西西-近东西、北东-北东东四组，其中以北西、北西西组较为发育，发生时间也较早，其它三组次之。这些断裂均分布在近区域范围东北部基岩山区北山古生代褶皱带内，为三级大地构造单元内部断层，规模小，和一定时期的区域构造运动关

系密切（图 2.1-18）。

近区域内发育的 16 条断裂及断层组总体活动性均不强，断裂发育特征、地质地貌证据及热释光测年结果均表明，除马山南东断裂（F₂）、神螺山—野马井断裂（F₃）和穿山驯断裂（F₁₄）在早第四纪可能有活动外，其余断裂第四纪以来均不再活动。各断裂的活动时代详见表 2.1-15。

表 2.1-15 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

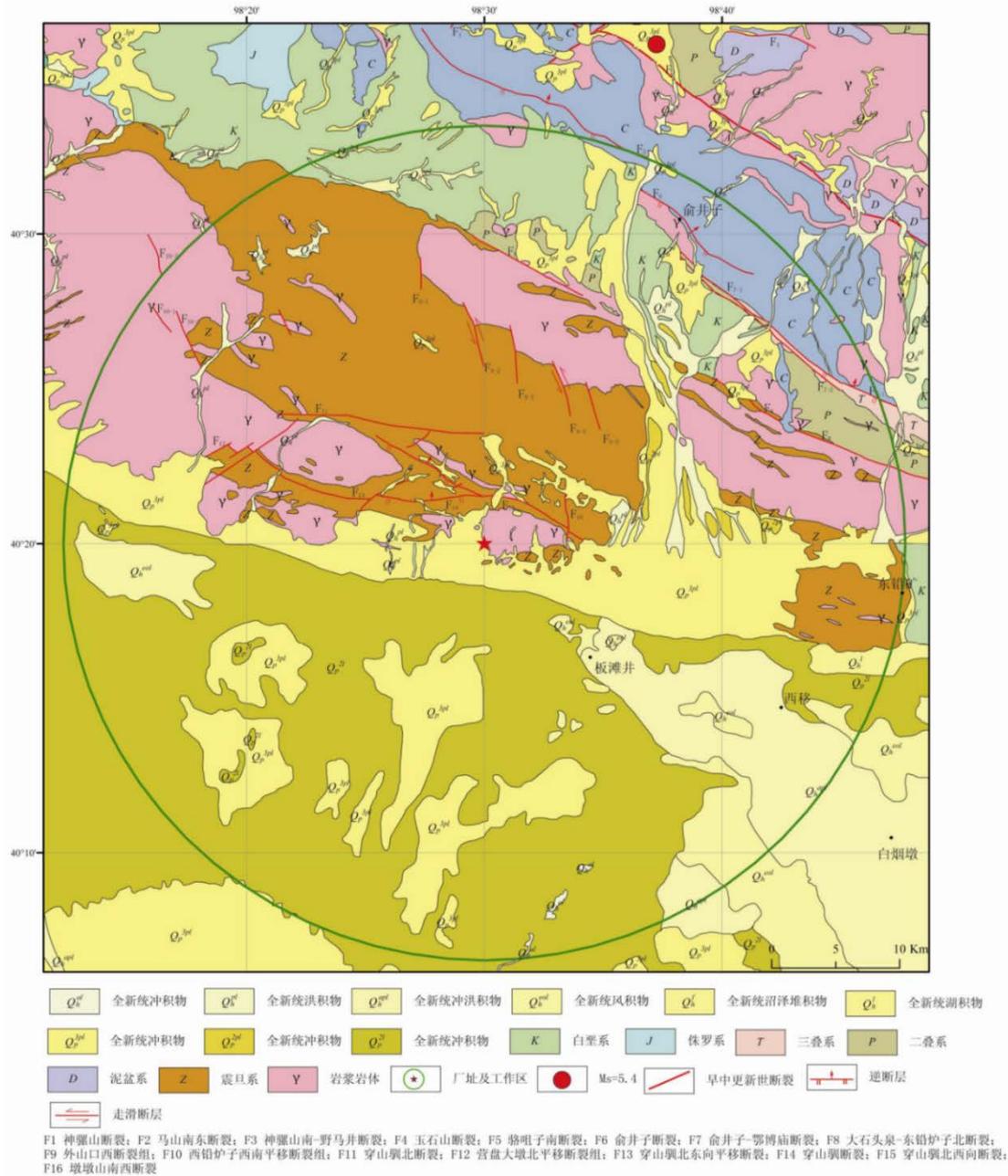


图 2.1-18 近区域范围地震地质图

2.1.6.2.4.4 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；此外，2016 年 3 月 21 日，甘肃省金塔县发生 4.7 级地震，震中位置为 E98.22°，N40.27°，震源深度 20km，距场址约 23km。场址近区域地震目录见表 2.1-16。

表 2.1-17 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 2.1-19 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 2.1-16 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

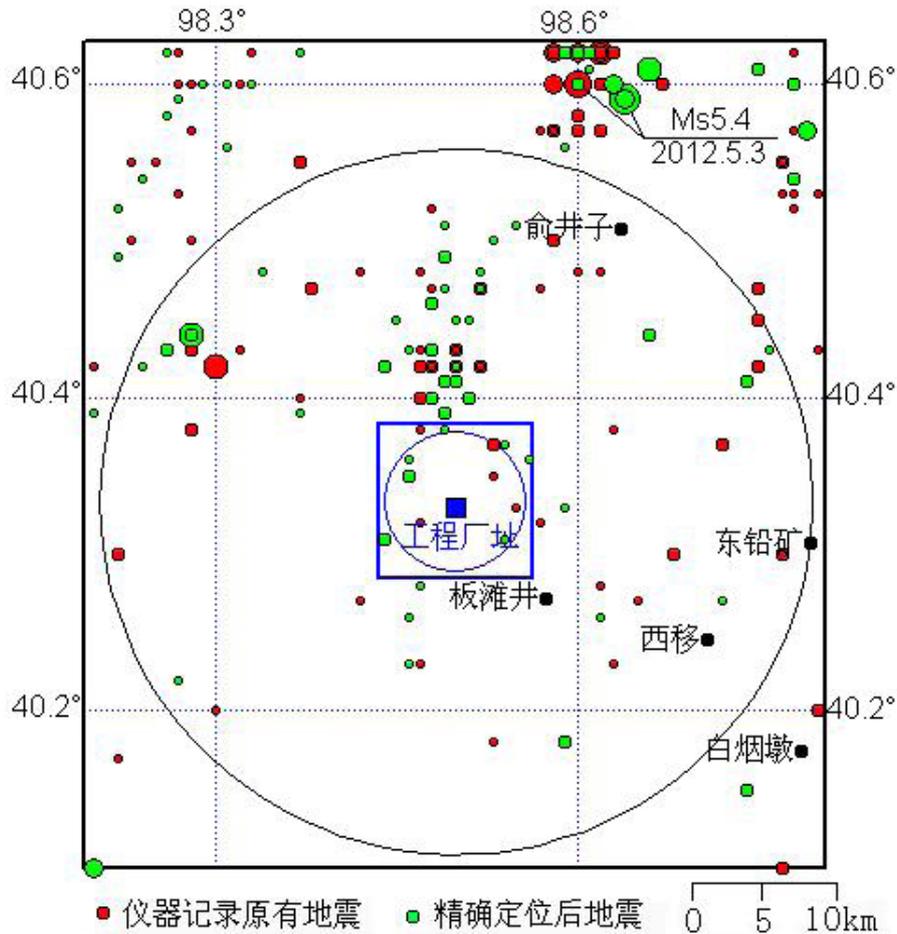


图 2.1-19 场址近区域强震与小震精确定位前(后)震中分布图

表 2.1-17 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	

2.1.6.2.5 场址附近范围地质特征

金塔场址附近 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。

2.1.6.3 工程地质

2.1.6.3.1 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} ）

主要以砾砂夹角砾为主：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 0.80~7.80m，层顶高程 1260.64~1264.88m。

（2）奥陶—志留系（O-S）

场区出露的基岩主要为奥陶—志留系的第一岩组，岩性主要为变质泥岩、变质石英砂岩和大理岩，具体分布范围见图 2.1-20。

大理岩（O-S）¹：灰白色，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。该层以夹层的形式分布于变质石英质砂岩层内，在拟建场地中部 CK2 和 CK8 钻孔附近揭露。

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。该层主要在场址西部揭露。

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，片状构造，千枚状构造。主要矿物成分由绢云母、石英和方解石等组成。该层主要在场址西南部和东部揭露。

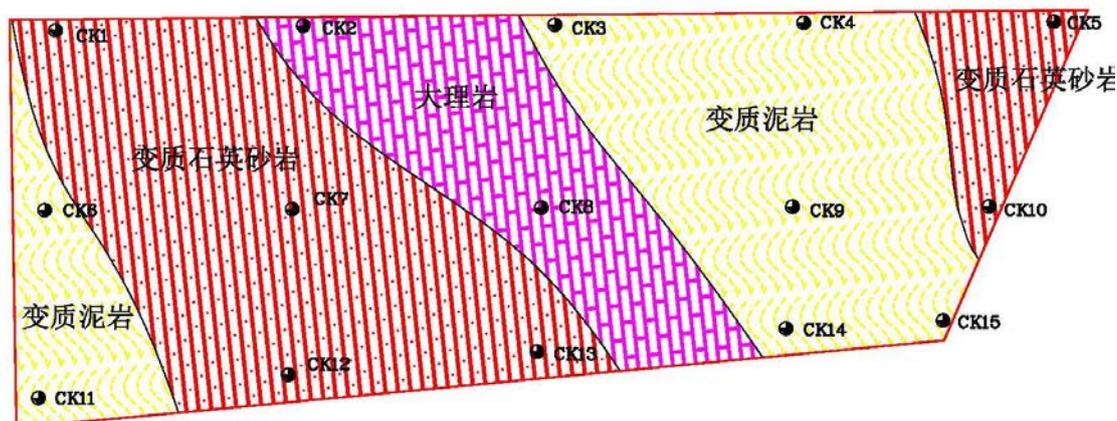


图 2.1-20 场区岩层分布范围图

2.1.6.3.2 不良地质条件

勘察场址区内未发现岩溶、地面沉降、采空区、滑坡、危岩和崩塌等不良地质作用，场址区所在的地区常年干旱少雨，未发现泥石流地质灾害，不存在可供开采的矿产或油（气）矿藏，以及地下人工洞穴。

2.1.6.3.3 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），场址区所在的金塔县地震基本烈度为Ⅶ度。

a) 建筑场地类别及地基液化

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

b) 建筑抗震地段的划分

金塔场址主要建（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，金塔场址建筑抗震地段可划分为对建筑抗震有利地段。

2.1.6.3.4 岩土工程分析与评价

2.1.6.3.4.1 场址稳定性

根据搜集到的已有资料，金塔场址场区范围内不存在能动断层，亦未发现特殊地质体、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，金塔场址场地是稳定的，适宜本工程建设。

2.1.6.3.4.2 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。

2.1.6.3.4.3 小结

金塔场址工程地质条件对于低放废物处置场建设不存在颠覆性因素。

2.1.7 小结

本小节分析了金塔场址人口分布、社会经济和资源、气象条件、水文、地质和地震等自然和社会条件，初步判断金塔场址不存在颠覆低放废物处置场建设的因素。

2.2 矿区场址

矿区场址位于西北处置场场址附近范围内，场址自然社会条件参考西北处置场资料。本节参考《西北低中放固体废物处置场一期二阶段建设项目可行性研究报告》编制。

2.2.1 地理位置

矿区场址位于中核四 0 四有限公司第三分公司东北约 4 km 处，东临天然蒸发池，南临 728 废物库，东北侧约 200m 处为极低放固体废物填埋场。中核四 0 四有限公司地处甘肃省河西走廊中部、玉门市西北 50 km 的戈壁滩上，行政区划称“甘肃矿区”，为省辖地区级行政区。

2.2.2 人口分布

场址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇。场址半径 10km 范围内重要居民点从行政区划分，包括赤金镇和下西号乡 2 个乡镇下辖 2 个行政村，共计 6 个自然村，人口总数为 1009 人。分别为场址 ESE 方位 8.4km 的上天津卫（金峡村三组），人口数为 315 人，ESE 方位 9.03km 的下天津卫（金峡村五组），人口数为 100 人，场址 SSE 方位 8.69km 的柴家沟（金峡村五组），人口数为 30 人，场址 S 方位 9.18km 的赤金峡水库管理所（金峡村五组），人口数为 55 人，场址 SE 方位 8.91km 的池家刺窝（金峡村五组），人口数为 260 人；以及场址 SSE 方位 8.74km 的下西号乡头道河，人口数为 249 人。

场址半径 5km 范围无常住人口。

场址半径 15km 范围内除了中核四 0 四有限公司，只有赤金镇的上、下天津卫行政村和赤峡行政村的一部分。流动人口主要为务工、务农、经商等。

2.2.3 社会经济和资源概况

2.2.3.1 社会经济

矿区场址位于甘肃矿区内，甘肃矿区即为中核四 0 四有限公司。

2.2.3.2 交通运输

矿区西南向约 15km 处有兰新铁路通过，场址铁路接收站通过铁路专用线与其相接。西南向约 20km 处 312 国道和连霍高速公路通过，场址专用公路核城路与其相接。

矿区通过厂区道路将处置场与各厂区、辅助区、生活区与场址干线道路连接，厂区铁路专线与火车站相连接，交通方便。

2.2.3.3 土地利用和资源情况

场址半径 10km 范围内，主要工业企业有中核四 0 四有限公司一分公司、二分公司、三分公司、四分公司、钛白股份有限公司、711 水厂、大唐八〇三发电厂。

场址半径 10km 范围内没有省级及以上级别的工业园区或经济技术开发区。

2.2.4 气象条件

2.2.4.1 区域气象

场址附近区域属暖温带干旱区。当地主要气候特征为：干旱多风，降水稀少，蒸发量大，云量少，日照充分；温度日较差大。全年以东风为主导风向，西风次之，东风和西风的频率占主导优势。由于冬季高空盛行西北气流，11、12 和 1 月西风频率高于东风，其他月份东风居多。一年中冬季、春季风速大，夏季、秋季风速稍小。

从气压场的配置看，所在位置处在极地高压、副热带高压和青藏高原高压（或南亚高压）之间的相对低压带内，大气环流的槽、脊及高低压系统活动频繁，冷空气活跃，季节变化明显。

2.2.4.2 场址气象条件

根据场址地面气象站（404 气象站）的多年统计资料，场址的主要气象要素特征值为：年平均风速为 5.0m/s，地面站最大风速达到 38m/s，当地最多风向为 E 和 W，风频均为 16%，次多风向为 ENE 和 S，风频分别为 8%和 7%。年平均温度为 8.2℃，最高气温为 38.8℃，最低气温为-29.7℃。年平均相对湿度为 37%，最高月平均值为 53%（1 月），最低月平均值为 26%（5 月）。年平均降水量为 66.7mm。降水主要集中在 6~9 月，一日最大降水量的极值为 48.1mm，年均蒸发量为 2474.6mm，远远大于当地的年均降水量。

2.2.4.3 极端气象

(1) 龙卷风与热带气旋

场址区域调查结果未发现有龙卷风发生的资料，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。因此，不可能有龙卷风或热带气旋或其飞射物对建（构）筑物的冲击造成破坏的事件。

(2) 极端风速

对酒泉、马鬃山、安西、敦煌、玉门镇、中核四 0 四有限公司气象站建站多年极端风速实测样本进行观测时长和观测高度的归一化订正后，采用耿贝尔函数对各站最大风速序列进行统计分析，得到场址周边各站百年一遇的最大风速估计值以中核四 0 四有限公司气象站的 44.2m/s 最大，因此以中核四 0 四有限公司的最大风速估值作为最大风速的设计基准。10m 高度百年一遇的极大风速为 58.6m/s。

(3) 极端温度

对酒泉、马鬃山、安西、玉门镇、中核四 0 四有限公司、敦煌气象站多年极端温度实测样本进行耿贝尔极值统计，得到场址极端温度的设计基准为：百年一遇最高温度为 43.4℃ 和百年一遇最低温度为 -39.4℃。

(4) 极端积雪

收集酒泉、马鬃山、安西、玉门镇、中核四 0 四有限公司、敦煌气象站建站多年极端积雪实测样本，各站中多年实测积雪深度极值为 19cm，对上述各站的极端积雪数据进行极值拟合，各重现期的最大积雪深度以 404 厂气象站的拟合结果最大，百年一遇的估计值为 17.1cm。由于 404 站无冬季液态降水观测，保守考虑，采用 404 站百年一遇积雪深度 17.1cm，叠加代表性气象站玉门镇站百年一遇冬季 48 小时降水值 12.4mm，计算得到的百年一遇雪荷载为 0.34kN/m²。《建筑结构荷载规范》酒泉的百年一遇雪压 0.35kN/m²，相对更为保守，作为场址百年一遇设计基准雪压。

(5) 极端降水

场址区域各站中多年实测日最大降水量极值为 44.2mm，通过极

值统计，得到百年一遇和千年一遇的最大日降水量以酒泉气象站的拟合结果最大，分别为 48.1mm 和 66.6mm。由于场址地处戈壁，蒸发量极大，远远大于当地的年均降水量，降水不会对场址造成颠覆性影响。

（6）其他灾害性天气

场址区域累年平均各站雷暴日数 9.44 天/年，夏季是出现雷暴相对多的季节，但也不多见。累年平均各站冰雹日数 0.64 天/年。累年平均各站雾日数 1.34 天/年。场址地区一年中春季 3、4、5 月是沙尘暴出现最多的月份。敦煌及附近是沙尘暴多发地区，累年平均出现 11.2 次（天）。

2.2.5 水文

2.2.5.1 地下水

本节参考《中低放固体废物西北处置场环境地质特征报告》、《中低放固体废物西北处置场场址区水文地质勘察报告》相关章节和西北处置场一期二阶段建设项目可行性研究阶段岩土工程勘察报告进行编制。

2.2.5.1.1 地下水赋存条件和分布规律

本地区地下水主要受大气降水的补给，赋存条件和分布规律主要受地质构造、岩性、地形、地貌、气候和古地理环境的严格控制。从总体上看，该区属于地下水稀少地区。

场址所在地区属于干旱气候条件，年平均降水量为 66.7mm，年平均蒸发量却高达 2474.6mm。降雨集中在 6~8 月。区内植被稀少，表层持水能力差，降雨常形成地表径流而流失，所以地下水得到的降水垂直入渗补给量有限，大部分地区地下水贫乏。

因岩性不同，使地下水的储存、运移和富水性差异极大。区内地下水主要赋存在第三系砂砾岩层和细砂层中，由于本区处于祁连山山前倾斜平原的前缘，含水层的厚度和岩性无论在垂直方向和水平方向都有很大变化，主要受基底的起伏和冲、洪积物的沉积特征控制。在基底顶面低洼地段和近河流冲沟主流线一带，含水层厚度

较大、颗粒粗、富水性较好。反之则含水层薄、富水性差。在同一个冲洪积扇中，从顶部到前缘有明显分带，含水情况各异，但各带之间水力联系密切。而冲洪积扇的扇间地带沉积物一般较细，含水条件较差。

区内断裂构造主导了该区地质史的发生与演变，奠定了现今地形、地貌格局，因此也自然从根本上控制了地下水分布规律。本区地下泉水的出露大都沿北西向断裂构造破碎带分布，如登登山北西向逆断层，汇集和阻截了上游地下水，在断裂带阻水作用下形成泉水出露地表，并导致其两侧（场址区和生活区）地下水位相差很大，上游地区（生活区）地下水埋藏较浅，下游地区（场址区）地下水位埋藏深。

2.2.5.1.2 地下水类型及含水岩类划分

区内基底为前震旦系变质岩，盖层为第三系和第四系松散沉积物。根据本区含水岩类可将地下水划分为第四系松散岩类孔隙潜水和第三系细砂、砂砾岩孔隙承压水。但由于登登山北西向逆断层和基底隆起的阻隔，仅在靠近基底的第三系底部砂砾层中赋存地下水。场址区不存在第四系松散岩类孔隙水。

根据场址区盖层岩性，自上而下可以分为 5 层。第一层下更新统砾石层，为透水不含水层；第二、四层上新统粘土、粉砂质粘土层，为隔水层；第三层上新统细砂、粗砂层，为透水不含水层；第五层上新统细砂、砾砂层，为承压含水层。

2.2.5.1.3 含水层特征

第三系上新统疏勒河组 (N_2^{al+pl}) 细砂、砂砾层；灰黄、灰褐色，以细砂为主，砾砂次之，局部见中砂、粗砂层。下部胶结砂岩透镜体，中部夹薄层状透镜状黏土。总厚度 13.65~19.80m，其中砂层厚度 7.7~18.25m，单层砂厚 1.1~18.25m，单层黏土层厚 0~8.25m，透镜状胶结砂岩厚 0~4.24m。粒度由北西往南东变粗。粒度均匀，均匀系数：细砂 $C_U=1.8\sim2.4$ ，平均值 2.36；中砂 $C_U=2.42\sim2.7$ ，平均值 2.61。承压水头高度 0~9.27 m，水力坡度为 1%左右，单位降深涌水量为 35.51~54.35 $m^3/d\cdot m$ 。按承压水完整井稳定流公式计算的渗透系

数为 4.559~5.796 m/d，按承压水完整井非稳定流公式计算的渗透系数为 5.979~8.056 m/d。属中等透水。导水系数为 46.039~99.895m²/d，导压系数为 0.115~0.114 m²/s。

2.2.5.1.3.1 透水不含水层特征

(1) 第四系下更新统 (Q_1^{al+pl}) 砾砂层：主要为灰黄、灰褐色砾砂，局部夹黏土透镜体。砾石成分为变质岩和花岗岩碎屑，粒径 2~20mm，砾石呈亚圆状、次棱角状、分选性较差，粒度均匀细数 $C_U=13.82\sim34.43$ 。密实程度中等。层厚 3.5~10.9m，夹透镜状黏土厚度 0~3.4m 分布于整个场址区表层，在剖面上为第一层。

(2) 第三系上新统疏勒河组 (N_2^{al+pl}) 砂层：灰黄、灰褐色，细砂为主，砾砂次之，局部夹粗砂、中砂薄层，厚度 0.95~7.25m，分布于整个场址区，在剖面上为第三层。

2.2.5.1.3.2 隔水层特征

(1) 第三系上新统疏勒河组 (N_2^{al+pl}) 黏土层：灰黄、灰褐色，局部见灰白色条文或团块、铁质斑点。含有钙质团块，团块与周围黏土界线不清。黏土在干燥状态下坚硬，厚 1.1~6m，分布于整个场址区，在剖面上为第二层。

(2) 第三系上新统疏勒河组 (N_2^{al+pl}) 黏土类砂土层：灰黄、灰褐色，以黏土为主，夹薄层砂土和透镜状砂体，有 1~5 层黏土和 1~4 层砂构成。总厚度 10.25~25.65m。粘土层总厚度 5.47~16.10m，分布于整个场址区。在剖面上为第四层。该层为含水层顶板的一个隔水层。

2.2.5.1.4 地下水补给、径流和排泄条件

场址区处于区域地下水的径流、排泄区。地下水主要受高程较高处的大气降水入渗补给和基岩裂隙水的补给。区域地下水流向与地表水一致，由南西往北东方向流，水力坡度为 1%左右。由于场址区降水稀少，附近无大的地表水体，植被不发育，故场址区地下水得到降水垂直渗入补给量有限。

根据氢氧同位素分析可知，场址地下水氢、氧同位素组成与本区浅层地下水相比，普遍较轻，且变化范围不大。其 δD 为 -63 (‰)

~68 (‰), $\delta^{18}\text{O}$ 一般为-7.9 (‰) ~-8.2 (‰) (个别为-9.0 (‰))。水中氡含量普遍较低, 为 0.12TU~10.7TU (个别达到 24.1TU), 表明该类水具有较高的补给高程和较长的径流途径, 不直接接受当地大气降水和地表水(生活下水、生产下水)的补给。

场址区南依登登山, 由于北西——南东向多字型构造体系的影响, 山间坳陷局部地段基底相对隆起, 以及登登山基岩和登登山断层的阻挡, 使浅层的第四系含水层间断, 只有少量地下水在基岩缺口地段以地下径流的方式流至场区。场址西侧, 基岩埋深 18~78.8 m, 无地下水分布, 再往西为基岩出露区, 故场址西侧可视为隔水边界, 阻断了溢流水及生活下水沟对场址区下水的补给影响。场址区地下水主要是以泉或合洛山地下水径流方式排泄。地下水最近出露点是场址北东方向 5 km 处的碱泉子。

2.2.5.1.5 地下水化学特征及腐蚀性评价

根据西北处置场一期二阶段建设项目可行性研究阶段岩土工程勘察所取水样试验结果, 场地的地下水类型为 $\text{SO}_4\text{-Cl-Na}$ 型水, 水样腐蚀性评价指标对比表和水质腐蚀性评价结果汇总表见表 2.2-1、表 2.2-2。地下水对混凝土结构有强腐蚀性; 对钢筋混凝土结构中的钢筋, 长期浸水条件下有微腐蚀性; 干湿交替条件下有中腐蚀性。但由于地下水位埋藏较深, 故不会对处置单元的混凝土结构产生侵蚀。

处置场区地下水的水温稳定, 平均水温为 16.36℃; pH 值分布在 6.84~7.54, 平均值为 7.18, 偏弱碱性; ORP (氧化还原电位) 分布于 201~241, 地下水处于氧化环境; TDS 分布于 1.89~6.89g/L, 地下水的矿化度差异性明显, 以微咸水和咸水为主。

通过水位测量及孔位测量利用流速计算公式结合抽水试验测得的渗透系数计算得出地下水流速, 并结合孔位关系绘制出地下水流向。地下水平均流速为 0.0467m/d; 地下水流向为北东 30°。

表 2.2-1 水样腐蚀性评价指标对比表

腐蚀性评价指标				水样试验数据			
		腐蚀介质	腐蚀等级	含量 (mg/L)	20#	24#	46#
水对混凝土结构的腐蚀性	按环境类型 (I)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	微	<200	2446	2819	691.2
			弱	200~500			
			中	500-1500			
			强	>1500			
		Mg ²⁺ (mg/L)	微	<1000	264.3	195.1	88.1
			弱	1000-2000			
			中	2000-3000			
			强	>3000			
		总矿化度 (mg/L)	微	<10000	4253.1	4881.2	1305.3
			弱	10000-20000			
			中	20000-50000			
			强	>50000			
	按地层渗透性	PH 值(A)	微	>6.5	7.89	7.65	7.72
			弱	6.5-5.0			
			中	5.0-4.0			
			强	<4.0			
侵蚀性 CO ₂ (A)(mg/L)		微	<15	0	0	0	
		弱	15-30				
		中	30-60				
		强	—				
对钢筋混凝土中钢筋的腐蚀性	水中的 C1 含量 (mg/L)	长期浸水	微	<10000	1712	1939	443.2
			弱	10000-20000			
			中	—			
			强	—			
		干湿交替	微	<100	1712	1939	443.2
			弱	100-500			
			中	500-5000			
			强	>5000			

表 2.2-2 水质腐蚀性评价结果汇总表

项目 水样编号	腐蚀性评价			
	按环境类型对混凝土结构	按渗透性对混凝土结构	对钢筋混凝土结构中的钢筋	
			长期浸水	干湿交替
20#	强	微	微	中
24#	强	微	微	中
46#	中	微	微	弱

2.2.5.1.6 岩（土）的渗透性

2.2.5.1.6.1 压水、抽水试验

根据钻孔压水试验成果，中风化黑云母斜长片麻岩岩体透水率为 4.42 Lu~4.6Lu，属弱透水岩体；微风化黑云母斜长片麻岩岩体透水率范围为 3.0451Lu~4.74Lu，属弱透水岩体。场地中风化岩层、微风化岩层均属于弱透水地层

针对第三系冲洪积砂土地层进行水文地质抽水试验试验，粉细砂、砾砂渗透系数为 3.253~4.461m/d，渗透性等级为中等透水。

2.2.5.1.6.2 包气带土壤渗透性

拟建场址区包气带的渗透系数均较低，均属于弱透水，渗透系数分布在 $1.23 \sim 5.43 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ，空间变异性较大，渗透性与深度相关性较弱，由于其土壤质地、土壤物理化学性质等影响， K_{fs} 存在较大的差异。

2.2.5.2 地表水

矿区场址南有祁连山，北有北山山地，为内陆场址，场址区域内有疏勒河水系和讨赖河水系两大水系。疏勒河水系的石油河流域位于场址东南方向，中游建有赤金峡水库，场址所在断面位于赤金峡水库下游 7.6km。昌马河流域位于场址的西南方向，昌马峡进口下游建有昌马水库，场址所在断面位于昌马水库下游 61.3km。

疏勒河和讨赖河具体情况见 2.1.5.2 节的相关描述。

2.2.6 地质和地震

2.2.6.1 地形地貌

矿区场址位于中核四〇四有限公司内，中核四〇四有限公司处在宽滩山—饮马北山相对隆起区上，场地属祁连山洪冲积成因的山前中等倾斜的老洪积扇将中的残留高位洪积扇区。西南部与疏勒河冲积扇相邻，东北部与赤金河天津卫冲积扇毗邻。主要地貌特征为荒漠戈壁，天然植被较差，属旱生和盐生植被，地表土壤为砾石层。场址自然标高大概介于 1423~1430m 之间（高程系统采用昌马灌溉区高程系统，下同）。现状地形地貌见图 2.2-1。



图 2.2-1 矿区场址形地貌图

2.2.6.2 区域地震地质特征

场址区域地震地质条件分析利用《甘肃矿区四〇四厂工程场地地震安全性评价复核报告》（中国地震局地质研究所，2014 年 7 月）。区域范围是：95°25'33"~99°17'E，38°42'~41°39'30"N。

2.2.6.2.1 大地构造分区

根据区域地质发育历史，以及沉积建造、地质构造、岩浆活动和变质作用等及其演化的特点，将区域及其邻近地区分为塔里木地台（I）、天山华力西褶皱带（IV）、祁连山加里东褶皱带（III）和华北地台（II）四个一级构造单元。区域的南部和北部分别属于祁连山褶皱带和天山褶皱带，区域中部的西段属塔里木地台，而东段属华北地台的阿拉善台隆。场址地处塔里木地台。

塔里木地台是位于天山褶皱带和昆仑褶皱带之间的一个相对稳定的构造单元。区域仅涉及到地台东北角的敦煌—安西地区，位于塔里木中央隆起的一个次级构造单元，亦即塔东低隆起。

塔里木地台的结晶基底由新太古界和古元古界深变质岩系及中、新元古界中——浅变质岩系组成，是基底岩系经新太古代末的阜平运动、古元古代末的中条（吕梁）运动和中元古代中期的晋宁运动等多期构造运动及变质作用形成的。震旦纪——显生宙以来，地台构造演化可分五个阶段（贾承造等，1995；张光亚等，1998），即震旦纪——早奥陶世拉张伸展盆地发育阶段、中奥陶世——泥盆纪挤压挠曲盆地发育阶段、石炭纪——早二叠世拉张伸展盆地发育阶段，以及华力西运动和印支运动将天山地槽和昆仑地槽相继褶皱回返，使夹于两地槽褶皱带之间的塔里木地台转变成前缘拗陷（前陆盆地），总体构成一个大型的内陆盆地。此后随着天山褶皱带和昆仑褶皱带复活抬升，塔里木地台又成为前缘拗陷（再生前陆盆地），塔里木内陆盆地得到进一步的发展。

塔里木盆地具有多构造层叠合，而上下构造层隆起部位有时相互对应具继承性，有时又相互转化显示新生的特点，因此盆地构造分区比较复杂。一般根据基底起伏将盆地分为 7 个一级构造单元，即塔北隆起、中央隆起、塔南隆起，以及库车拗陷、北部拗陷、西南拗陷和东南拗陷，其中以中央隆起规模最大。中央隆起是横穿塔里木盆地中部的一个大型隆起构造，是长期发展的继承性隆起，从西向东分巴楚断隆、塔中低隆和塔东低隆 3 个二级构造单元。塔东低隆是中央隆起中规模较小的次级单元，其活动程度也较低。

场址位于塔里木中央隆起的塔东低隆的东端。

2.2.6.2.2 新构造运动

2.2.6.2.2.1 新构造运动基本特征

区域处在青藏高原的东北缘及其北邻地区。青藏高原的新构造运动十分强烈，以断裂及其控制的断块活动为基本特征；构造活动既具有继承性更有其新生的特点；在时间上具阶段性，空间上存在差异性。概括起来，本区主要有如下几个基本特征。

(1) 显著的断块水平运动

青藏地区在印度板块的推挤作用下，其东部的构造块体大致于中新世中期（15~13Ma）开始被逐渐挤出，沿一些重要的边界断裂发生显著的东向水平滑动。区域新构造应力场研究结果也表明，该区以北东—南西向水平挤压为特征（国家地震局兰州地震研究所，1992；国家地震局地质研究所等，2003）。在此应力场作用下，北西至北西西走向的断裂均具左旋逆平移活动性质。

(2) 大范围整体间歇性抬升

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，它们在区内高度分别为海拔 5000~6000m、3500~4000m、3000~4000m。第一级夷平面是不连续的高峰顶面，第二级夷平面分布范围大，相当于高原面，第三级夷平面限于盆地和谷地两侧。此外，山区河谷中发育有多级阶地。由此可见，本区曾经历过多次间歇性抬升。

(3) 构造活动的继承性和新生性

构造活动的继承性，表现为新构造期断裂和断块活动格局受老（先存）构造控制。青藏高原在喜马拉雅运动早期差异升降的基础上，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断裂活动，被其控制的隆起区再度隆起，沉降区进一步下沉。如祁连断隆、河西走廊断陷等。后者如酒西盆地，中、新生代沉积最厚达 4000m。

新生性不仅表现为区域新构造运动的格局发生重大变化，而且

还反映在新构造时期或其某一阶段断裂、断块原有运动方式和强度的改变。早更新世晚期或中更新世初以来，区内北西—北西西向断裂的性质发生了显著变化，由先前的挤压逆冲为主转变为以水平滑动为主，显示明显的新生性。

2.2.6.2.2.2 新构造运动分区

根据该区新构造运动的演化历史、表现形式、第四纪沉积物厚度、阶地级数和阶地高程差、现代构造应力作用方式以及地震活动等资料，可将区域进行新构造分区（图 2.2-2）。其中，阿尔金山、黑山、金塔南山、合黎山构成了一级新构造分区边界，区域南部为祁连山隆起区和河西走廊沉降区，其北为敦煌——安西沉降区，以及北山、阿拉善弱隆起区。

（1）祁连山隆起区（I）

位于青藏高原的东北缘。它为祁连山北缘断裂以南的强烈隆起区（图 2.2-2），高程一般为 3000~5000m。该区与北侧的河西走廊盆地高差达 1000~2000m。构造线总体呈北西西向，地貌上形成北西西向山脉与长条状盆（谷）地相间的复式山系，山地分布三级夷平面，其高程大致以疏勒南山为中心，向四周作辐射状降低。第四纪以来，该区以整体隆升为主要特点，断块边界成为差异活动显著的地带。断裂晚第四纪以来有强烈的逆冲和平移运动，是主要的强震构造带，如昌马断裂带曾发生过 1932 年 7.6 级地震。

（2）河西走廊西段沉降区（II）

该沉降区分布在祁连山前断裂和阿尔金断裂（大坝——赤金堡）、金塔南山断裂之间（图 2.2-2），由积阴功台盆地、石油沟隆起、玉门盆地、榆树沟山隆起、文殊山隆起、酒泉盆地、榆木山隆起、张掖盆地、金塔南山隆起等组成。盆地和隆起之间由断裂或单斜构造相连。第四纪以来该沉降区构造活动十分强烈，玉门盆地第四系厚 1000m，张掖盆地第四系厚 1000 余米。石油沟、文殊山、乱山子、金塔南山等隆起，均产生于第四纪，将上新统、下和中更新统地层褶皱、抬升。历史上多发生中强以上地震。

（3）敦煌——安西沉降区（III）

分布在阿尔金断裂和北山隆起区之间（图 2.2-2），由敦煌盆地、三危山隆起、踏实盆地、宽滩山隆起、花海一金塔盆地等组成。盆地第四系厚度小于 200m，受北东东向断裂控制。隆起出露地层是前震旦系敦煌群变质岩类，并有北西向断层分布。该区位于青藏高原北侧，构造运动相对较弱，历史上只有一次 1933 年安西 5¼ 级地震。场址位于该构造区。

（4）北山隆起区（IV）

属低山丘陵区，发育多级夷平面。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，形成一个向北东凸出的弧形。历史上没有 5 级以上地震，甚至 5 级以下地震也很少。

概括起来，区域以阿尔金断裂带和祁连山山前断裂带所围限的地区为新构造期强烈隆起区，而北山为缓慢稳定的上升区，河西走廊是强烈的拗陷区，但在走廊中也有相对隆起的地区，如低窝铺—宽滩山、文殊山隆起等。但新构造期以缓慢上升为特征，特别是晚更新世至现代仍为缓慢而稳定的微弱上升。

2.2.6.2.2.3 新构造运动与地震的关系

区域新构造运动与地震活动的关系可大致归纳为以下几点：

（1）构造变形强烈的地区是强震、大震发生区，如祁连山隆起区西段发生过 1932 年昌马 7.6 级强震；较强构造变形区是强震和中强震发生的地区，如阿拉善隆起区在历史上发生过中强地震；相对稳定的地区似乎是无震区，如北山隆起区和塔里木盆地的敦煌——安西沉降区。

（2）新构造分区界线附近是强震发生的有利地带，如祁连山北缘断裂带发生过 7 级以上强震。

（3）垂直差异活动强烈的地带也是大震发生的地带，如祁连山与河西走廊之间垂直差异活动幅度达 2500~3000m 以上，这些部位多是发生 7 级以上强震的地带。

（4）块体内强烈挤压变形区是强震发生场所，如祁连山内部的一些主要断裂和褶皱，都是 7 级左右地震发生的场所。

（5）平移活动强烈的断裂带是大震、强震的发生带，如阿尔金

断裂、北祁连山断裂等，其平移速率多在 2~3mm/a 以上，这些断裂历史上多次发生过强震或古地震事件。

2.2.6.2.3 断裂活动性

2.2.6.2.3.1 活动断裂特征

区域内共发育 19 条断裂，走向以北西向为主，少部分为近东西向断裂。19 条断裂均为第四纪断裂，其中全新世以来活动断裂有 14 条，晚更新世活动断裂两条，中更新世活动断裂 3 条。区域断裂构造如图 2.2-3 所示，各断裂活动情况如表 2.2-3 所示。

2.2.6.2.3.2 断裂活动与地震的关系

全新世以来活动的断裂与现今及历史地震有着密切的关系；某些平原区隐伏的早、中更新世断裂可能与中强地震的发生有一定的关系。

(1) 作为活动块体的边界断裂往往是大震发生带，如祁连山北缘断裂带，历史上发生过 1609 年红崖堡 7 $\frac{1}{4}$ 级地震。

(2) 晚更新世以来活动强度大、滑动速率很高的走滑断裂往往是大地震的发震断裂，昌马断裂带是最典型的一例，于 1932 年发生过 7.6 级地震。

(3) 晚更新世以来强烈活动的逆冲或逆掩断裂或逆走滑断裂是强震发生的场所，如昌马 7.6 级地震发生在昌马逆——左旋断裂上。

(4) 规模较小的晚更新世以来的不同性质的断裂往往是中强地震的发生场所。如 2002 年玉门 5.9 级地震发生在玉门断裂带上。

多数早、中更新世活动断裂与地震的发生关系不密切。

2.2.6.2.4 区域地震特征

2.2.6.2.4.1 区域地震目录

区域地震资料包括两部分。第一部分是 $M \geq 4.7$ 级的历史地震目录。这部分资料主要取自中国地震局组织有关专家编制完成的《中国历史强震目录》(公元前 23 世纪至 1911 年)和《中国近代地震目录》(公元 1912 年至 1990 年)，1990 至 2012 年的部分从中国地震局地球物理研究所汇编的《中国地震台报告》中续补。第二部分为现

代地震目录，这部分资料取自国家地震局分析预报中心（现为中国地震局地震预测研究所）汇编的《中国地震详目》，目录中的地震参数是根据仪器记录得到的。

从公元 1609 年至今，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（表 2.2-4）；最大地震为 1932 年甘肃玉门昌马 7.6 级地震，该震震中位于场地西南，震中距场地约 68km。该震震中烈度为 X 度，场址宏观影响烈度达 VI 度。

1970 年以来共记载 $M_L 1.0 \sim 4.9$ 级地震 4749 次，其中 $1.0 \leq M_L < 2.0$ 级地震 1570 次； $2.0 \leq M_L < 3.0$ 级地震 2635 次； $3.0 \leq M_L < 4.0$ 级地震 470 次、 $4.0 \leq M_L < 4.9$ 级地震 74 次。早期地震台网监测能力有限，小震明显缺失较多。

2.2.6.2.4.2 区域地震空间分布特征

（1）震中分布

图 2.2-4 为区域内 4.7 级以上历史破坏性地震震中分布图，由图可知，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；从区域地震构造图观察，以阿尔金断裂、金塔南山断裂为界，4.7 级以上破坏性地震绝大多数发生于南部，且多数依北西向断裂排列。

以场址为中心半径 40km 范围内无 4.7 级以上破坏性地震的记载。

图 2.2-5 为区域仪器记录小震震中分布图（ $M_L 1.0 \sim 4.9$ 级）。同样，现代仪器记录小震绝大部分发生在区域的南部，依区域构造方向，总体呈北西向分布。在场址近区域范围现代小震活动相对较弱，地震多集中于近区域东南部。

本区地震活动空间分布的最大特点是破坏性地震及现代仪器记录地震绝大部分位于区域的南部，这种南北不均一完全是由区域所处构造位置决定的。本区地处青藏高原的东北缘，由北向南在新构造分区图上横跨北山隆起区、祁连山前沉降区及祁连山隆起区。北山隆起区新生代表现为缓慢的整体抬升，沉降区第四纪以来构造运

动十分强烈，其间的玉门、酒泉、张掖盆地第四系厚均 1000 余米；而南部的祁连山隆起区随青藏地块北偏东向的推挤形成了一系列逆掩断层，如吕马—俄博断裂、中祁连北麓断裂等。

(2) 震源深度分布

由于台网密度较疏，在工作区范围内 3188 次 $M_L \geq 2$ 地震中有震源深度数据的只有 1799 次。图 2.2-6 为区域地震震源深度分布直方图。地震震源深度绝大部分在 1~34km 之间，地震随深度增加逐渐变少，峰值区域在 5-9km 深度段。以往的研究表明，本地区地壳厚度约为 50km，因此可判断区域范围内地震基本上是发生在地壳中上层的浅源地震。

图 2.2-7 为区域地震震源深度平面分布图，地震多发生于场址的东南部，震源深度存在由场址向东南逐渐加深的趋势。

2.2.6.2.4.3 历史地震对场址影响评价

候选场址区历史地震影响评价，除考虑区域范围内 $M \geq 4.7$ 级的破坏性地震外，区域范围外可能对候选场址区产生 5 度以上烈度影响的大地震也在考虑之列。

共搜集整理了 3 次对场址区产生 5 度以上影响的地震等烈度线资料，见图 2.2-8~图 2.2-10，分别为 1609 年甘肃酒泉红崖堡 7¼ 级地震、1785 年甘肃玉门惠回堡 6½ 级地震、1932 年甘肃玉门昌马 7.6 级地震。3 次地震对于场址宏观影响烈度列入表 2.2-5。

为了全面地估计候选场址区周围大地震对候选场址区的影响，利用地震烈度衰减关系估算了所有可能对候选场址区产生 5 度以上影响的地震的影响烈度值，以弥补历史记载可能的遗漏。采用汪素云的西部地区烈度平均轴衰减关系：

$$I = 4.493 + 1.454M - 1.729 \ln(R + 16.0)$$

式中 R 为震中距，单位为公里， M 为震级。由于地震烈度是地震影响程度的分级，其数值应归为整数。估算时，首先基于地震烈度衰减关系计算烈度均值，然后根据能够查找到的史料记载情况，并参考衰减的标准差，对计算值进行综合评定，从而得到地震影响烈度参考值。

根据估算烈度，补充了对候选场址区地震影响烈度达 5 度以上的地震事件，其结果一并列入表 2.2-5。

2.2.6.2.4.4 地震活动环境评价

通过本章的论述，可以对区域地震环境做出如下评价：

(1) 区域涉及青藏地震区的六盘山——祁连山地震带及柴达木——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 年以来共记载 $M_L 1.0 \sim 4.9$ 级地震 4749 次，其中 $1.0 \leq M_L < 2.0$ 级地震 1570 次； $2.0 \leq M_L < 3.0$ 级地震 2635 次； $3.0 \leq M_L < 4.0$ 级地震 470 次、 $4.0 \leq M_L < 4.9$ 级地震 74 次；现代小震绝大部分发生在区域的南部，依区域构造方向，总体呈北西向分布。在场址近区域范围地震活动相对较弱；

(5) 区内地震基本上是发生在地壳中上层的浅源地震，地震震源深度绝大部分在 1~34km 之间，地震随深度增加逐渐变少，峰值区域在 5-9km 深度段；

场址曾遭受历史破坏性地震最大宏观影响烈度为 VII-VIII 度。

2.2.6.2.5 近区域地震地质特征

本次对场址近区域地震地质研究所用范围是：97°0'7"~97°44'39"E，39°56'7"~40°30'25"N。

2.2.6.2.5.1 地质构造背景

近区域范围位于塔里木地台与祁连山地槽褶皱系、中朝准地台和天山褶皱系的交界附近，主体位于塔里木地台内部，南以阿尔金断裂为界与祁连山地槽褶皱系相邻。塔里木地台是一相对稳定的构造单元，近区域范围靠近阿尔金和祁连山断裂，为一构造隆起区，发育多条北西向断裂。

近区域位于北东东走向的阿尔金断裂带和北西走向的祁连山北缘断裂带的交汇部位，地貌上以这些断裂控制的北东东和北西向山脉和断陷盆地为主要特征。阿尔金断裂为近区域的一级新构造分区界线，也是一级地貌分界线。断裂以南为祁连山和山前分布的河西走廊盆地，断裂以北为现代缓慢稳定的上升区，地貌上为宽阔的戈壁平原，地表覆盖很薄的晚更新世地层，有些地方早更新世砾岩或新近纪泥岩直接出露地表，平原上残留北西向断裂控制的一些基岩剥蚀残丘。

场址就位于阿尔金断裂以北的戈壁平原上。

2.2.6.2.5.2 新构造运动特征

河西走廊及酒西盆地紧邻祁连山，新构造运动强烈，表现为期次多和构造变形复杂，尽管谭利华等(1998)和陈杰等(1996)新构造运动期次划分不尽相同，但如下所述几次规模较大的区域性新构造运动是一致的。

(1) 上新世末强烈的构造运动使第三系褶皱变形，形成了山前台地形变带和盆地内部横向隆起的初步轮廓，并在祁连山北麓堆积了最厚 850m 的玉门组磨拉石建造。

(2) 早更新世末中更新世初的构造运动是区域活动最强烈的一次。这次构造运动的一个最显著的特点是它使此前沉积的第三系红层和玉门砾石层发生强烈褶皱变形，形成了老君庙逆断裂一背斜带，并与上覆酒泉组为区域不整合接触。文殊山、榆木山和大黄山主要隆起于中更新世以后。

(3) 中更新世以后的构造活动主要表现在活动构造和构造地貌上。近区域总体上为一隆起区，地貌上为宽阔的戈壁平原，平原上残留北西向断裂控制的一些基岩山丘，如登登山、合洛山、宽滩山等。戈壁平原上覆盖很薄的晚更新世地层，有些地方早更新世砾岩或新近纪泥岩直接出露地表。因此，近区域的戈壁面相当于河西走廊的第三级夷平面，形成于上新世末早更新世初。新生代以来地层变形微弱，早更新世砾岩平行不整合于新近纪泥岩之上，地层产状近水平。

近区域位于河西走廊北缘，从晚新生代以来地层分布、地层变形和构造地貌演化分析，新构造运动很弱，只有早更新世末中更新世初河西走廊第三系红层和玉门砾石层发生强烈褶皱变形，形成了老君庙逆断裂——背斜带的构造运动影响到近区域，形成一组北西向逆冲断裂（图 2.2-11），切割早更新世砾岩和新近纪泥岩，但断距小于 1m。此后，近区域一直处于缓慢隆升状态，少量中更新统地层内叠于下更新统之中，广大戈壁地区全新统与上更新统为连续沉积，而且很薄，只有 2m 左右。北西向逆断裂大部分断裂被晚更新世以来地层覆盖，没有再活动，只有登登山和池家刺窝断裂晚更新世以来还有活动（图 2.2-11）。因此，近区域新构造运动的期次和地层变形强度远少于和小于河西走廊。

2.2.6.2.5.3 主要断裂活动性

近区域内共发育 12 条断裂，走向以北西向为主，少数为近东西向断裂。全新世以来活动断裂有 3 条，晚更新世活动断裂 1 条，早中更新世活动断裂 7 条，前第四纪断裂 1 条。区域断裂构造如图 2.2-12 所示，各断裂活动情况如表 2.2-6 所示。

2.2.6.2.5.4 地震活动性

在近区域范围内无历史破坏性地震记载，最近的破坏性地震发生在场址西南约 41km 处，为 1993 年 1 月 17 日玉门昌马 5½ 级地震（图 2.2-13）。现代仪器在近区域范围及邻区记载有 137 次地震记录，其中 M_L 2.0-2.9 级地震 52 次、 M_L 3.0~3.9 级地震 13 次、 M_L 4.0~4.9 级地震 4 次（表 2.2-7），最大地震震级达 4.5 级，该震震中位于场址以东约 12km 处。

现代仪器记录小震大部分集中在近区域的东南部；在以场址为中心半径 10km 范围内无 $\geq M_L$ 3.0 级地震；以场址为中心半径 25km 范围内曾发生 M_L 4.2、 M_L 4.5 级地震各 1 次，震中均位于场址近区域的东部。

在近区域范围及邻区 137 次 M_L 1.0~4.9 级仪器记录地震中，119 次地震有震源深度资料。近场区地震震源深度均在 54km 以内，震源深度在 5-24km 以内的地震占 84%。

2.2.6.2.6 场址附近范围地震地质特征

本次对场址附近范围地震地质研究所选范围是：97°8'30"~97°16'25"E，40°11'10"~40°17'8"N。

2.2.6.2.6.1 地质构造概况

场址近区域范围地处宽滩山隆起区，最高峰海拔 2243m。场址区位于宽滩山隆起区西侧，主要为侵蚀台地，台地海拔 1500-1200m 左右。另外还有一些受北西向断裂控制的北西向低山丘陵，如登登山、干峡山、黑尖山等。出露地层为前寒武系变质岩和上新统泥岩，第四系地层沿枯水槽子局部分布，一般只有几米到十几米厚。

场址附近范围分布北西向登登山和生地湾两条断层，如图 2.2-15 所示。

2.2.6.2.6.2 断裂活动性

登登山断裂为全新世活动断裂。主要分布于登登山山前及以东，呈一向北东突出的弧形，长约 19km。根据走向及地貌特征可以分为西、中和东三段，西段主要分布于登登山前，走向北西 60°，长约 11km；中段主要分布于黑尖山两侧冲洪积台面上，走向北西 45°，长约 5km；东段分布于黑尖山东前震旦系片麻岩构成的低山南侧，走向北西 30°，长约 3km。西段和中段为南西倾的逆断层，东段为南西倾的正断层。登登山断裂为逆冲性质，具有一定的枢纽运动特征。登登山断裂走向 295°~330°，倾向 SW，倾角约 65°~80°，距场址最近距离约 1.8km，且断面倾向场址方向。历史地震地表破裂带研究表明，破裂带宽度一般小于 100m，场址与断裂距离远大于历史地震地表破裂带宽度，未来如果产生地震地表破裂，破裂带也不会延伸到场址区。

生地湾断裂为早中更新世断裂。西起生地湾，呈波状向南东经紫泥泉，延至下天津卫西北 13km 处，总体走向 310°，倾向南西，倾角 70°~80°，长约 22km，为一条逆断裂。断裂东段发育在前震旦纪片麻岩中，西段断错了上新统和更新统。可见断层陡坎，坎高 2~3m，但线性不好，多呈波状弯曲，向西逐渐消失于黄闸湾东南约 8km 处。经野外考察，该断层陡坎为基岩陡坎，在断裂带东部的基

岩区见到断层破碎带，未发现断错第四系剖面，表明该断裂至少晚第四系已不活动。

2.2.6.2.6.3 地震活动性

场址附近范围没有破坏性地震记载，现代仪器记录有 6 次小震，震级都小于 $M_L3.0$ 级。

2.2.6.2.7 场址地震地质条件综合评价

场址在大地构造上属于塔里木地台，位于塔里木中央隆起的塔东低隆的东端。场址在新构造上位于敦煌——安西沉降区之低窝铺——密滩山相对隆起区，新构造时期以来以缓慢上升为特征，特别是晚更新世以来仍为缓慢而稳定的微弱上升区。区域内共发育 19 条断裂，均为第四纪断裂。其中晚更新世以来活动过的断裂 16 条。近区域内共发育 12 条断裂，其中晚更新世以来活动断裂有 4 条。场址附近范围有两条断裂，其中登登山断裂为全新世活动断裂。登登山断裂距场址最近距离约 1.8km，且断面倾向场址方向。历史地震地表破裂带研究表明，破裂带宽度一般小于 100m，场址与断裂距离远大于历史地震地表破裂带宽度，未来如果产生地震地表破裂，破裂带也不会延伸到场址区。

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，该震震中位于场地西南，震中距场地约 68km。破坏性地震及现代仪器记录地震绝大部分位于区域的南部。区域内地震基本上是发生在地壳中上层的浅源地震。场址曾遭受的历史破坏性地震最大宏观影响烈度为 VII-VIII 度。近区域范围内无历史破坏性地震记载， $M_L4.0\sim4.9$ 级地震发生过 4 次。场址附近范围没有破坏性地震记载，现代仪器记录有 6 次小震，震级都小于 $M_L3.0$ 级。

场址近区域范围无火山活动。场址区不存在滑坡、泥石流、崩塌等地震地质灾害。场址 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.175g，地震基本烈度为 7 度。

综上所述，场址地震地质条件不存在建设处置场的颠覆性因素。

表 2.2-3 区域主要断裂一览表

编号	断裂名称	走向	倾向	倾角	区内长度(km)	最新活动时代	最新活动性质
F ₁	大泉断裂	65°	SE	55°	80	Q ₂	逆断裂
F ₂	三危山断裂	85°	S	60°	97	Q ₃	逆左旋
F ₃	塔尔湾断裂	295°	SW	80°	10	Q ₂	逆断裂
	登登山断裂	295°	SW	80°	19	Q ₄	逆断裂
	池家刺窝断裂	295°	SW	80°	10	Q ₄	逆断裂
F ₄	阿尔金断裂	75°	SE	50~70°	197	Q ₄	逆左旋
F ₅	照壁山断裂	70~80°	NW	50~70°	20	Q ₂	逆断裂
	宽滩山断裂	70~80°	NW	50~70°	30	Q ₃	逆断裂
F ₆	金塔南山断裂	70~80°	NW	50~70°	130	Q ₄	正走滑
F ₇	新民堡断裂	315°	SW	30°	15	Q ₄	逆断层
F ₈	阴洼山断裂	310~330°	SW	55°	17	Q ₄	逆断层
F ₉	北大河断裂	330°	SW	30~45°	15	Q ₄	逆断层
F ₁₀	嘉峪关断裂	330~350°	SW	70°	60	Q ₄	逆右旋
F ₁₁	早峡一大黄沟断裂	290~330°	SW	40~70°	160	Q ₂	逆断裂
F ₁₂	佛洞庙-红崖子断裂	290°	SW	20~50°	71	Q ₄	逆右旋
F ₁₃	昌马断裂	280~290°	SW	60~70°	170	Q ₄	逆左旋
F ₁₄	肃南断裂	290°	SW	55~60°	100	Q ₄	逆左旋
F ₁₅	大雪山北缘断裂	320°	SW	40~55°	230	Q ₄	逆左旋
F ₁₆	陶莱-柯柯里断裂	290~300°	SW	40~60°	>86	Q ₄	逆左旋
F ₁₇	祁连断裂	280°	SW	50~65°	150	Q ₄	逆左旋
F ₁₈	俄博庙断裂	290°	SW	70~80°	18	Q ₄	逆左旋
F ₁₉	野马井断裂	300°	NE	50~65°	130	Q ₂	逆断裂

表 2.2-4 区域内历史破坏性地震目录 (M≥4.7 级)

序号	发震时间			震中位置		震级	深度 (km)	震中 烈度	精度	震中地区
	年	月	日	经度	纬度					
1	1609	7	12	99.0	39.2	7¼		X	3	甘肃酒泉红崖堡
2	1785	4	18	98.0	39.9	6½		VIII	5	甘肃玉门惠回堡
3	1832	8		96.8	39.9	5½		VI	2	甘肃玉门昌马
4	1932	12	25	97.0	39.7	7.6		X	2	甘肃玉门昌马
5	1933	1	17	97.0	40.0	5½				甘肃玉门昌马一带
6	1933	7	11	96.0	40.5	5¼				甘肃安西一带
7	1941	4	19	97.0	39.1	6			2	青海脑各扎北
8	1947	3	27	98.0	39.0	5				青海尕河北
9	1951	12	27	95.7	39.6	6			2	甘肃肃北东
10	1952	1	23	95.7	39.8	5½			2	甘肃肃北东北
11	1956	10	27	99.0	39.6	4¾			2	甘肃酒泉东南
12	1962	8	1	98.6	39.2	5.4	25		2	青海祁连山
13	1975	1	4	97.6	38.8	5.3	25		2	青海哈拉湖北
14	1980	6	1	95.57	39.07	5.6	20		1	甘肃肃北东南
15	1989	9	21	97.18	39.16	4.9	13	V	1	甘肃肃北东
16	1992	1	12	98.33	39.73	5.3	23			甘肃嘉峪关
17	2001	7	10	97.94	39.16	5.3	33		1	青海尕河北
18	2002	12	14	97.32	39.82	5.9	22		1	甘肃玉门旱峡
19	2009	10	2	96.10	39.62	5.2	4		1	甘肃肃北东北
20	2012	5	3	98.60	40.60	5.4	8		1	甘肃酒泉金塔

表 2.2-5 周围地震对候选场址的影响烈度

序号	发震时间	震中位置			震级	距离 (km)	计算 烈度	宏观烈 度
		参考地名	经度	纬度				
1	180? .8	甘肃高台 西	99.5	39.4	7½	204	6.1	
2	1609.7.12	甘肃酒泉 红崖堡	99.0	39.2	7¼	181	5.9	V-VI
3	1785.4.18	甘肃玉门 惠回堡	98.0	39.9	6½	65	6.3	VI-VIII
4	1832.8	甘肃玉门 昌马	96.8	39.9	5½	62	5.0	
5	1927.5.23	甘肃古浪	102.7	37.5	8	552	5.2	VI弱
6	1934.2.42.25	甘肃玉门 昌马	97.0	39.7	7.6	68	7.9	VI
7	1933.1.17	甘肃玉门 昌马一带	97.0	40.0	5½	41	5.5	
8	1957.12.4	蒙古	99.4	45.1	8.1	566	5.3	
9	2004.2.44.2.44	甘肃玉门 旱峡	97.32	39.82	5.9	47	5.9	

表 2.2-6 近区域断裂特征一览表

编号	断裂名称	走向	倾向	倾角	区内 长度 (km)	最新活动 时代	最新活动 性质
F1	旱峡—大黃沟断裂	300°	SW	40~70°	4.5	Q1-2	逆断
F2	阿尔金断裂带	85°	SE	75°	30	Q4	逆走滑
F3	照壁山-宽滩山断裂	EW	S	60~80°	28	Q2	逆断
F4	宽滩山南缘断裂	EW	N	80~85°	10	Q3	逆断
F5	头道河—赤金北窑断 裂	300°	SW	50~60°	18	Q1-2	逆断
F6	池家刺窝断裂	300°	NE	50~60°	10	Q4	逆断
F7	登登山断裂	295°	SW	80°	19	Q4	逆断
F8	塔尔湾断裂	295°	SW	80°	10	Q1-2	逆断
F9	下东号断裂	320°	SW	60~70°	10	Q1-2	逆断
F10	生地湾断裂	310°	SW	70~80°	22	AnQ	逆断
F11	干峡山—下天津卫断 裂	310°	SW	陡	27	Q1-2	逆断
F12	合洛山断裂	310°	SW	70~80°	21	Q2	逆断

表 2.2-7 场址近区域地震目录 (4.0<ML≤4.9)

年月日	纬度	经度	震级	震源深度 (km)
1991.11.30	39.972	97.67	4.1	24.2.4
2002.9.3	40.301	97.618	4.2	32
2004.2.44.2.47	40.231	97.512	4.5	24.2.3
2004.12.7	39.944	97.658	4.1	35.6

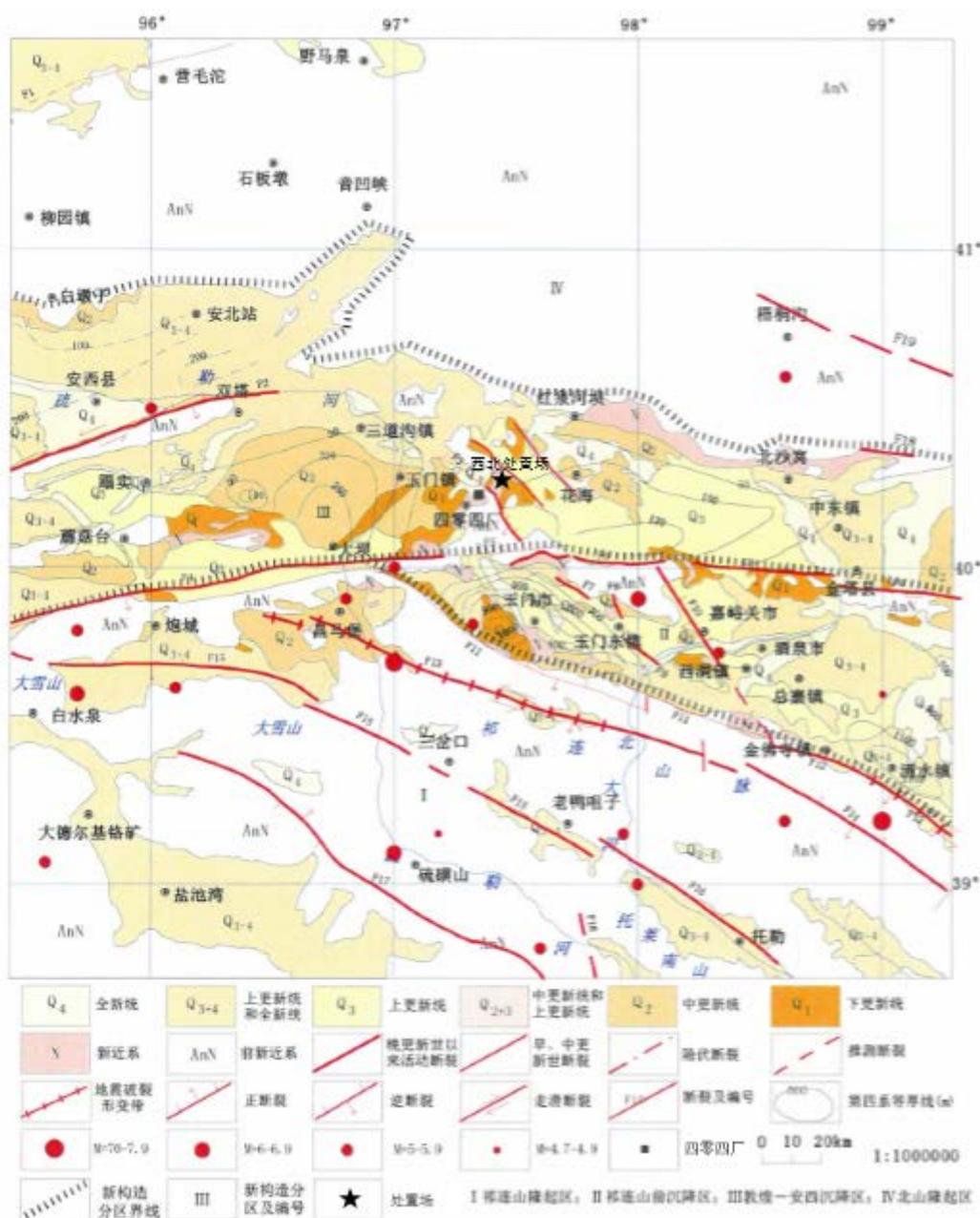
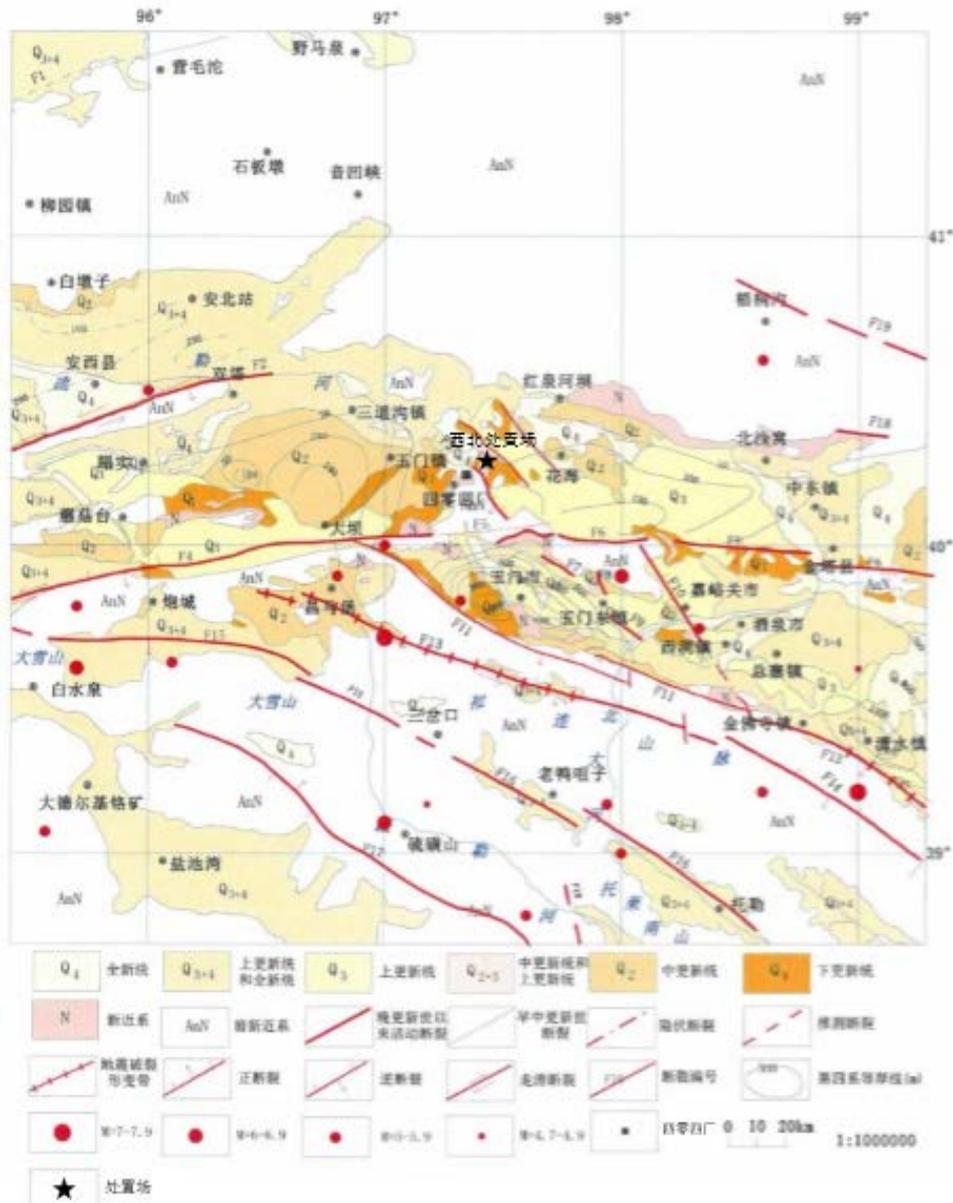


图 2.2-2 区域新构造分区



F1 大泉断裂; F2 三危山断裂; F3 塔尔湾—登登山—池家刺窝断裂; F4 阿尔金断裂; F5 照壁山—宽滩山断裂; F6 黑山—金塔南山断裂; F7 新民堡断裂; F8 阴洼山断裂; F9 玉门—北大河断裂; F10 嘉峪关断裂; F11 早峡—大黄沟断裂; F12 佛洞庙—红崖子断裂; F13 昌马断裂; F14 肃南断裂; F15 大雪山北缘断裂; F16 陶莱—柯柯里断裂; F17 祁连断裂; F18. 俄博庙断裂; F19. 野马井断裂

图 2.2-3 区域主要断裂分布图

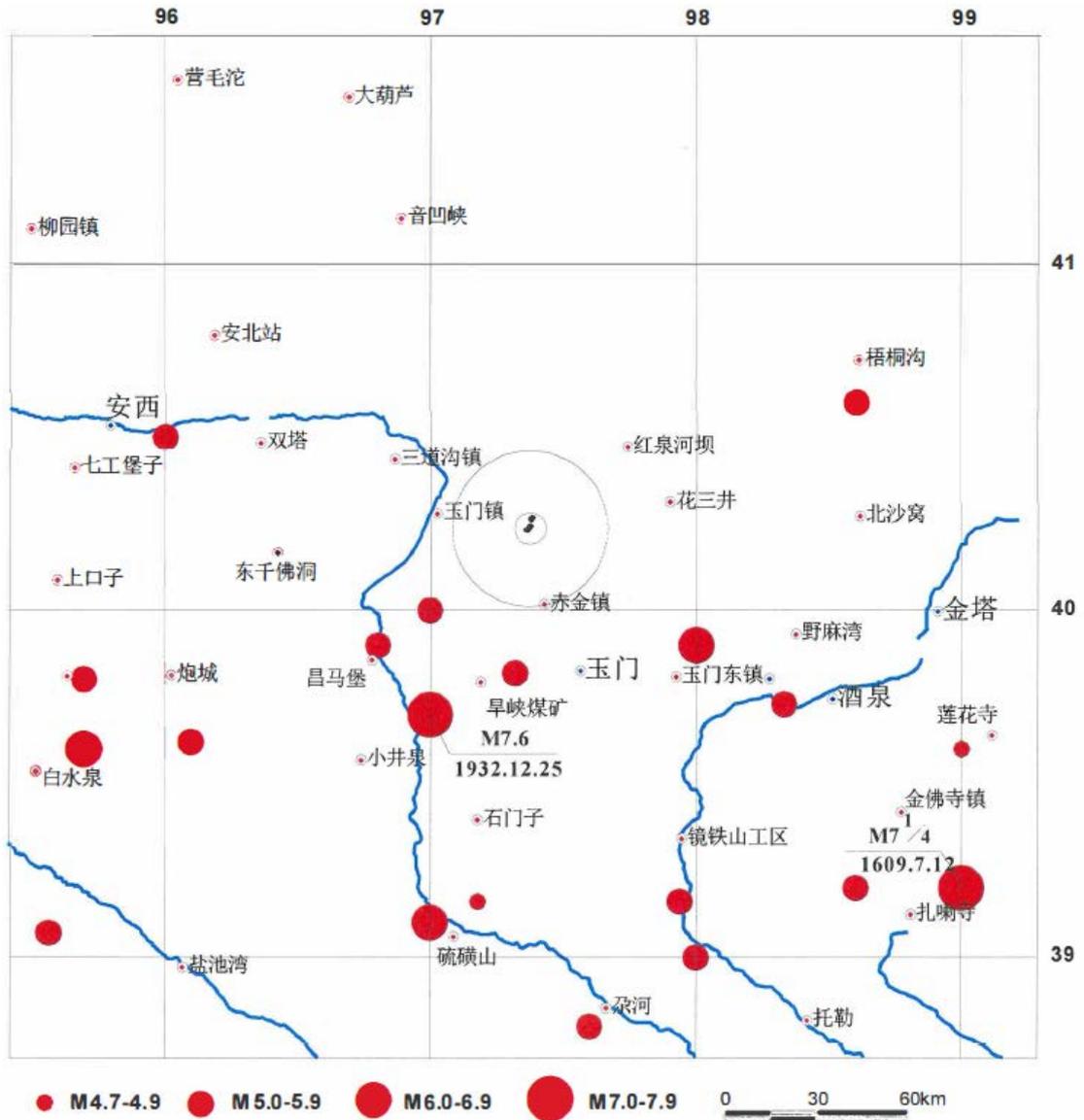


图 2.2-4 区域历史地震震中图 ($M \geq 4.7$ 级, 公元 1609 年~2012 年)

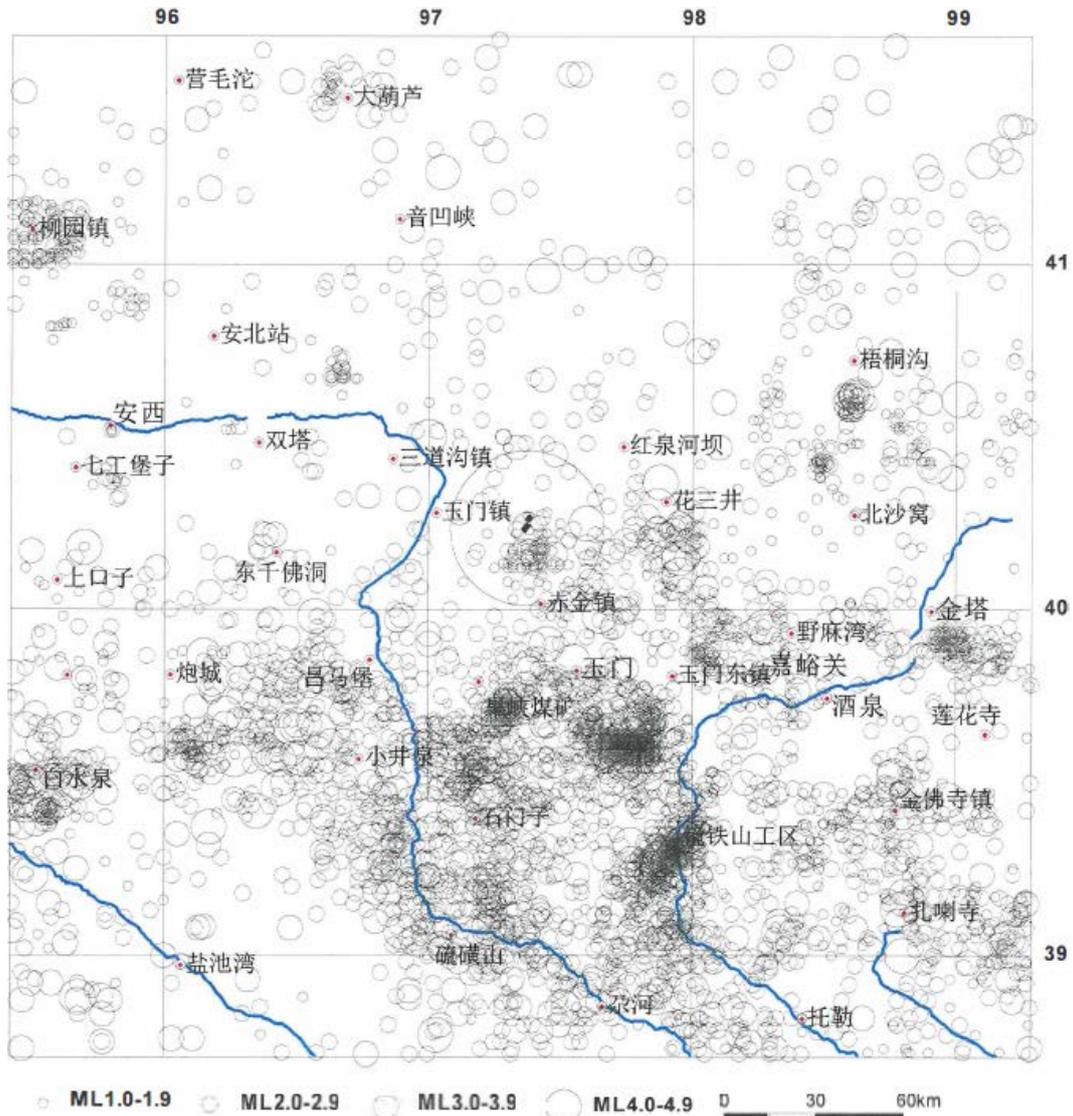


图 2.2-5 区域近代小震震中图 (ML1.0~4.9, 公元 1970.1~2013.8)

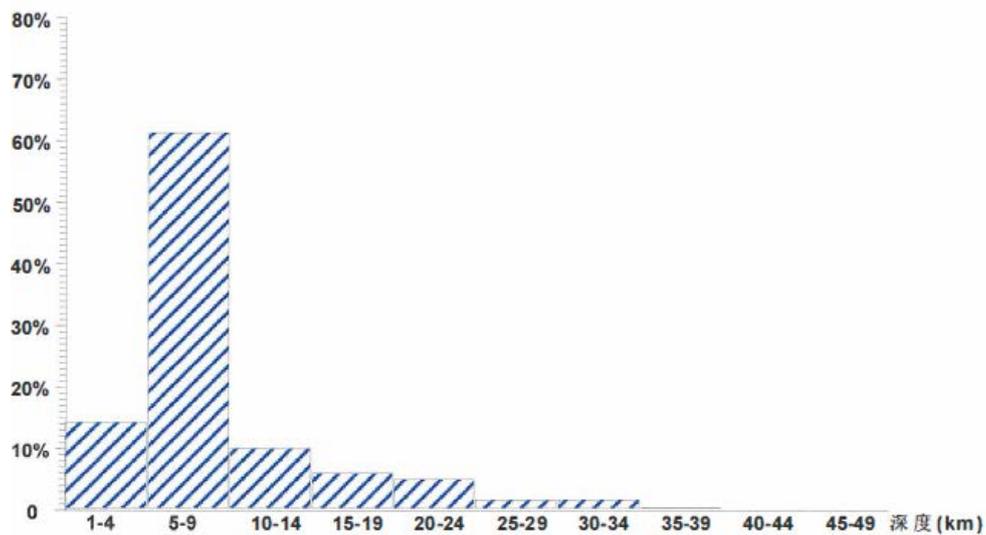


图 2.2-6 区域内震源深度分布直

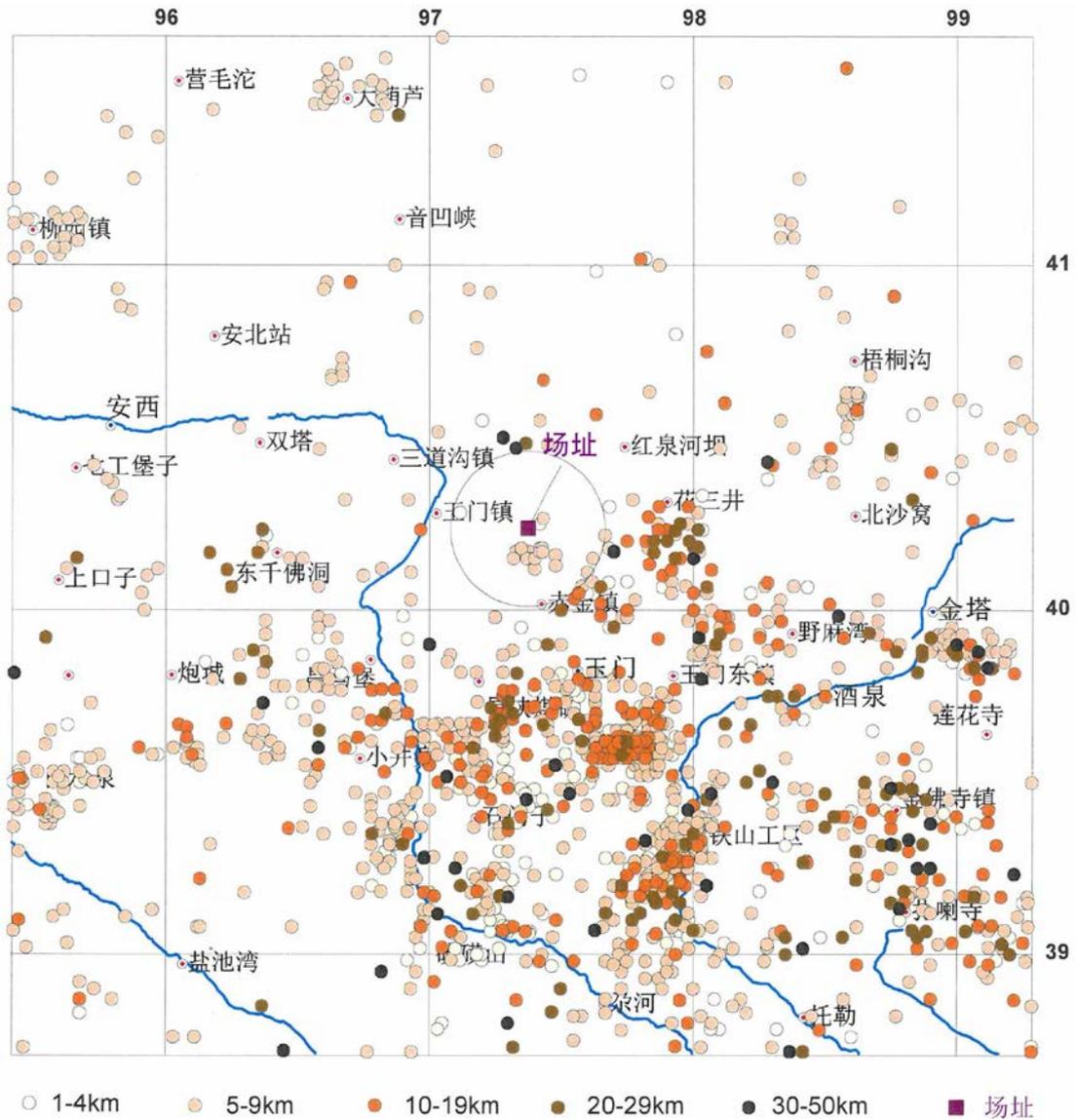


图 2.2-7 区域地震震源深度平面分布图 (ML \geq 2.0, 1799 个有深度资料地震)

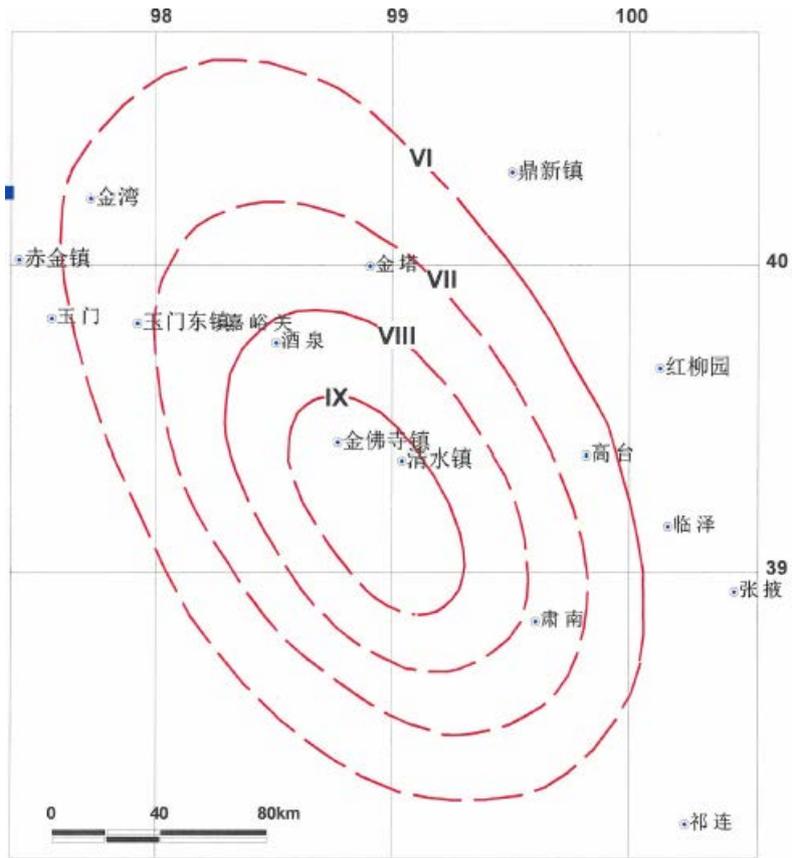


图 2.2-8 1609 年 7 月甘肃酒泉红崖堡 7¼级地震等烈度线

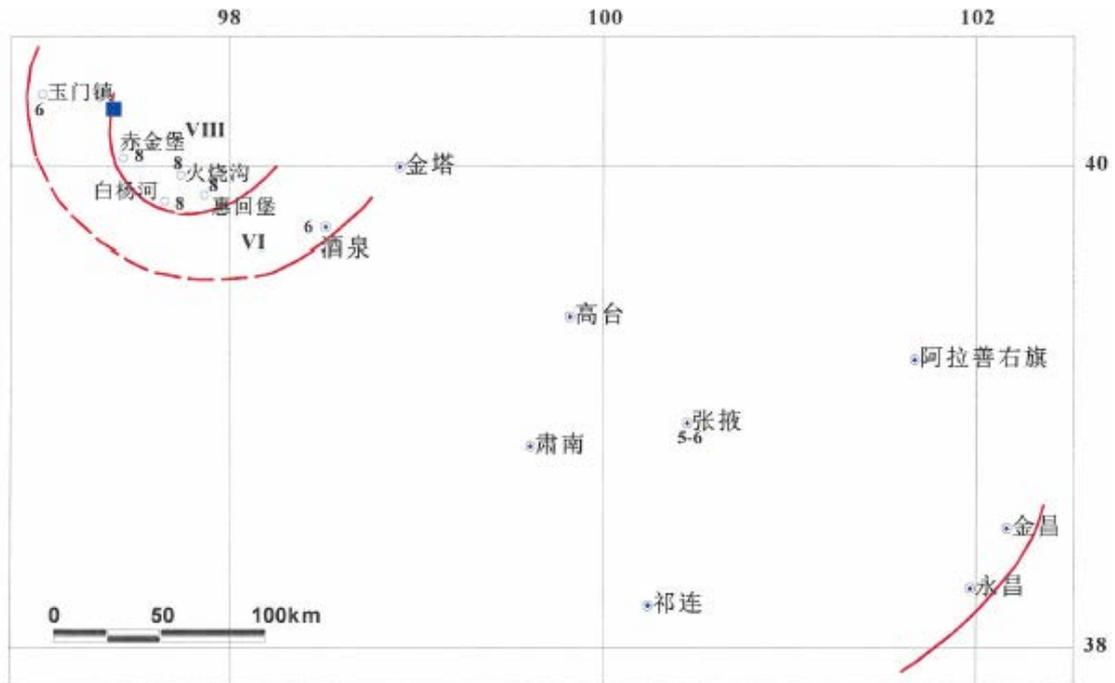


图 2.2-9 1785 年 4 月甘肃玉门惠回堡 6½级地震等烈度线

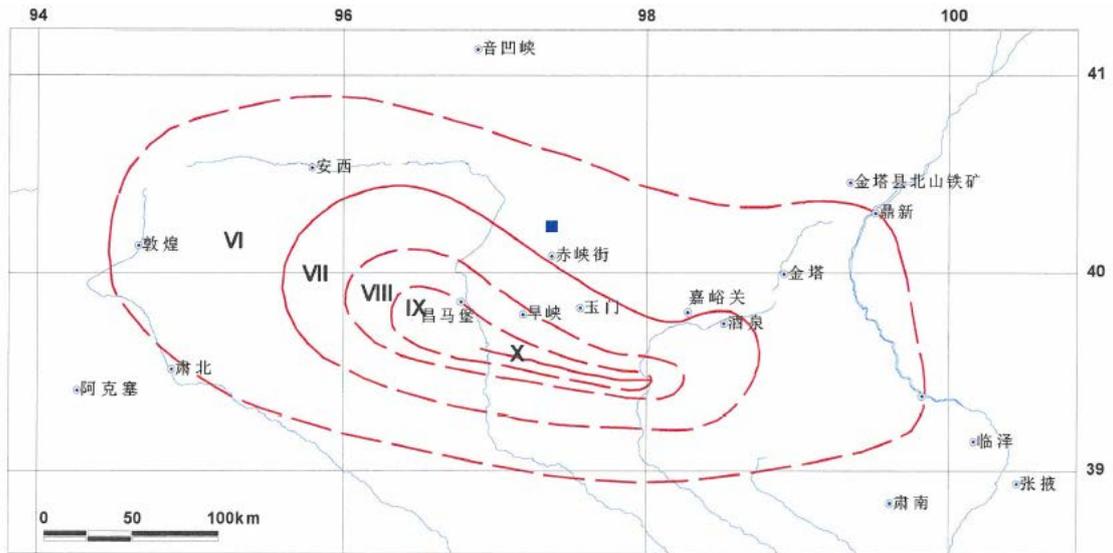


图 2.2-10 1932 年 12 月甘肃玉门昌马 7.6 级地震等烈度线

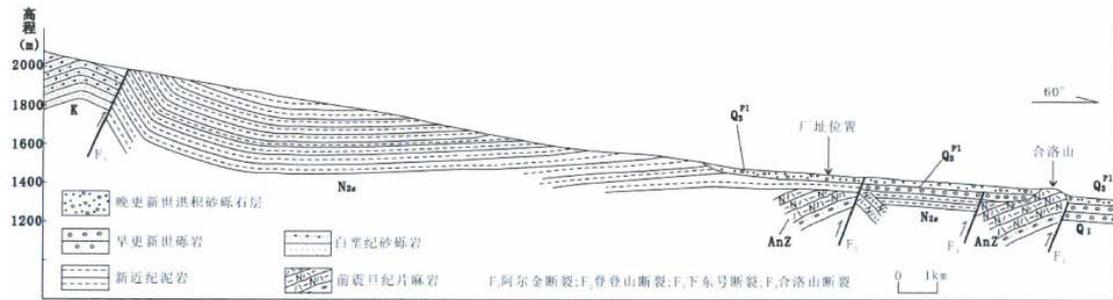
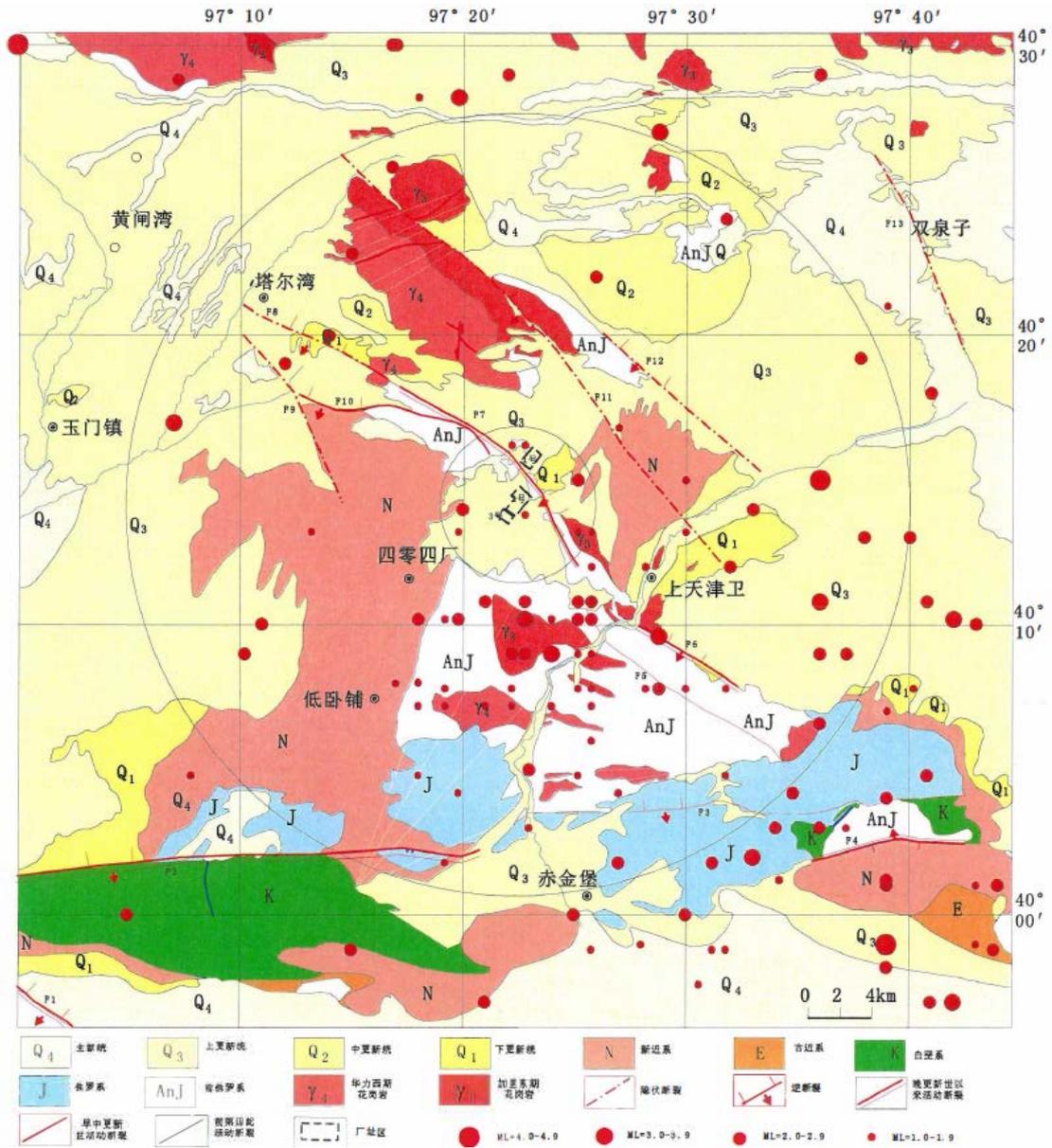


图 2.2-11 近区域地质剖面图



F₁: 祁连山断裂早峡—大黄沟段; F₂: 阿尔金断裂昌马大坝—赤金堡段; F₃: 照壁山—宽滩山断裂; F₄: 宽滩山断裂; F₅: 头道河-赤金北窑断裂; F₆: 池家刺窝断裂; F₇: 登登山断裂; F₈: 塔尔湾断裂; F₉: 下东号断裂; F₁₀: 生地湾断裂; F₁₁: 干峡山—下天津卫断裂; F₁₂: 合洛山断裂

图 2.2-12 近区域地质构造图

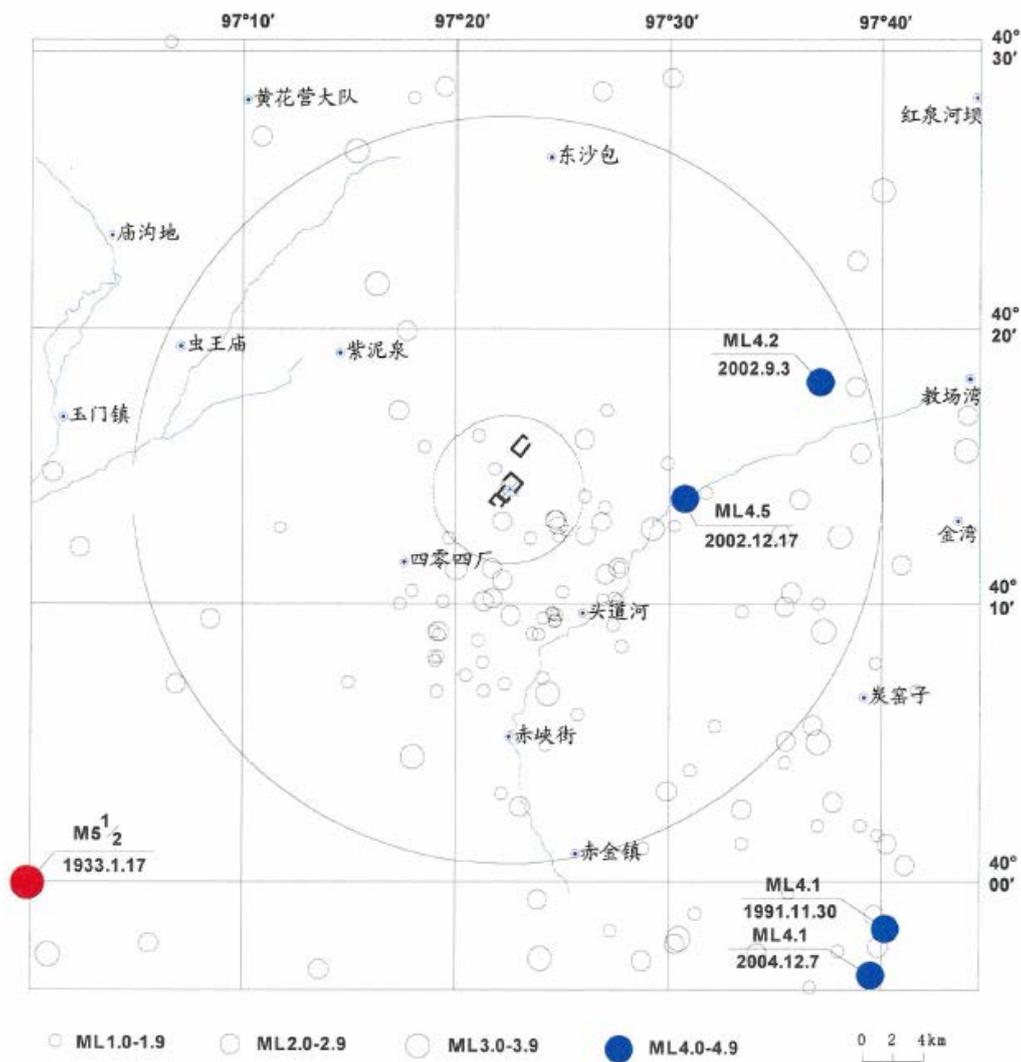


图 2.2-13 近区域地震震中分布图

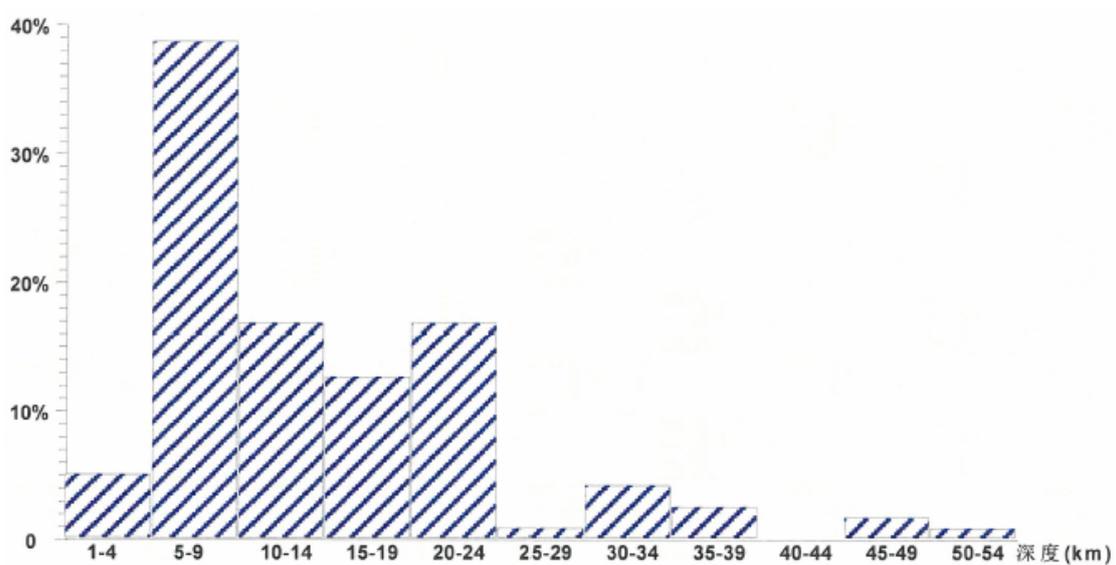


图 2.2-14 近区域及邻区地震震源深度分布直方图

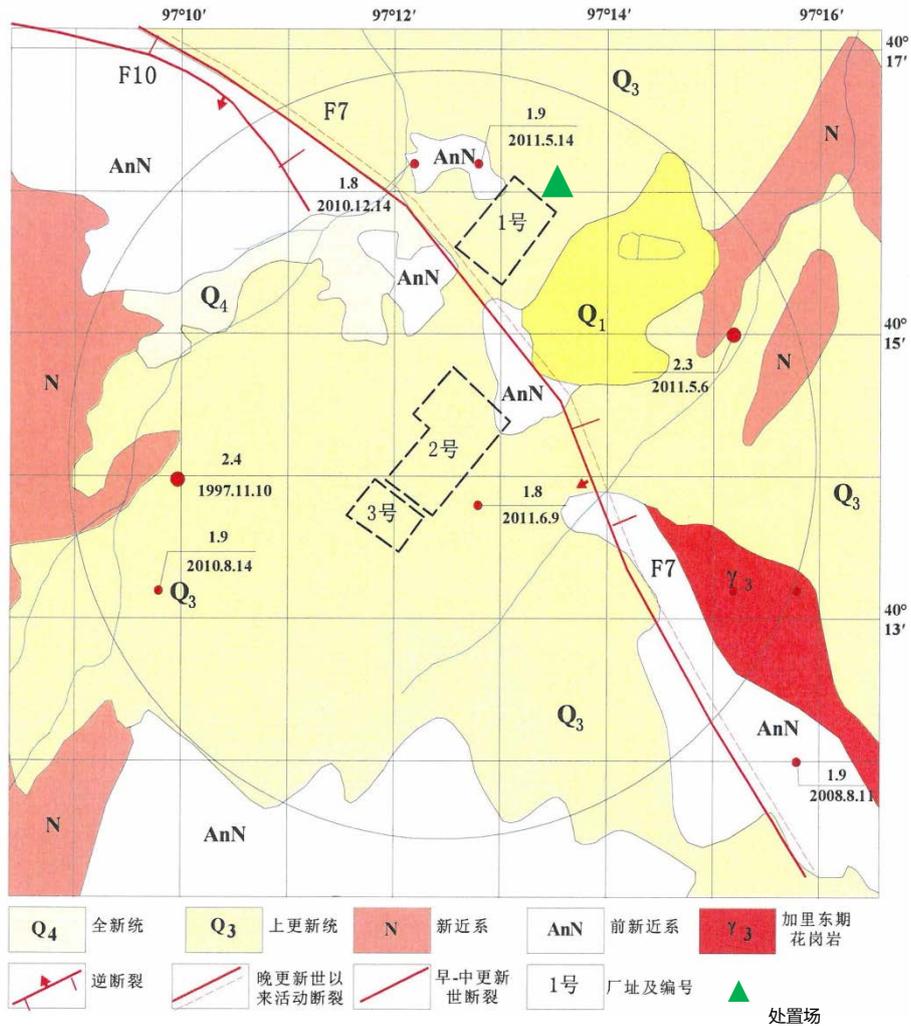


图 2.2-15 场址附近范围地质构造

2.2.6.3 工程地质

参考《西北低中放固体废物处置场一期二阶段建设项目可行性研究阶段岩土工程勘察报告》，本工程主要工程地质描述如下：

2.2.6.3.1 地层岩性

在 90.40m 勘探深度范围内，由第四系下更新统玉门组冲洪积砾砂（ Q_1^{yal+pl} ）、第三系上新统疏勒河组（ N_{2s} ）冲洪积砂土（局部呈胶结状）及粉质黏土、前震旦系敦煌群变质岩（AnZdn）。勘察场地地层自上而下简述如下：

（1）第四系下更新统玉门组洪积（ Q_1^{yal+pl} ）

圆砾-砾砂（地层编号①）：黄褐色，干~稍湿，呈稍密~中密

状态。主要由砾石、砂组成，砾石多呈亚圆形，一般粒径 0.2~1.5cm，最可达 2cm。分选性差，分布不均，充填粉土或粉砂。圆锥重型动力触探试验实测锤击数（N）值为 27~55 击，平均为 37.6 击。场区普遍分布，厚度：2.00~5.30m，平均 3.44m；层底标高：20.96~24.71m，平均 23.29m；层底埋深：2.00~5.30m，平均 3.44m。

粉细砂（地层编号①₁）：褐黄色~黄褐色，呈中密~密实状态，稍湿。主要矿物成分为石英、长石，分选性好。局部夹有黏土或粉土薄层且厚度不均。标准贯入试验实测锤击数（N）值为 23~49 击，平均为 31.18 击。场区普遍分布，厚度：1.50~8.50m，平均 3.63m；层底标高：12.85~22.62m，平均 19.08m；层底埋深：5.00~13.50m，平均 7.79m。

粉质黏土（地层编号①₂）：红褐色，含少量灰绿色条纹及铁锰质斑点，夹黏土或粉砂薄层。有光泽，干强度高，韧性中等，可塑~硬塑。场区普遍分布，厚度：1.00~4.70m，平均 2.28m；层底标高：18.15~23.51m，平均 21.25m；层底埋深：3.70~8.20m，平均 5.38m。

（2）第三系上新统勒河组（N_{2s}）

粉质黏土（地层编号②）：红褐色，含少量灰绿色条纹及铁锰质斑点，夹黏土或粉砂薄层。有光泽，干强度高，韧性中等，可塑~硬塑。场区普遍分布，厚度：1.00~9.70m，平均 5.28m；层底标高：10.35~18.63m，平均 14.78m；层底埋深：8.00~16.50m，平均 11.95m。

砾砂（地层编号③）：褐黄色~黄褐色，呈密实状态，湿~饱和。主要矿物成分为石英、长石，分选性好，可见姜石，粒径 0.2-1.5cm，最大可达 3cm。局部夹有黏土或粉土薄层且厚度不均。局部夹胶结层，硬度高。局部夹有黏土或粉土薄层且厚度不均。场区普遍分布，厚度：1.50~16.00m，平均 7.35m；层底标高：-0.04~15.13m，平均 7.43m；层底埋深：13.50~25.80m，平均 19.31m。

粉质黏土（地层编号④）：红褐色，含少量铁锰质斑点，夹黏土或粉砂薄层。有光泽，干强度高，韧性中等，可塑~硬塑。场区普

遍分布，厚度：0.50~7.80m，平均 3.63m；层底标高：-2.24~9.62m，平均 2.58m；层底埋深：18.00~27.00m，平均 23.83m。

粉细砂（地层编号⑤）：褐黄色~黄褐色，呈密实状态，饱和。主要矿物成分为石英、长石，分选性好，可见姜石。局部夹有黏土或粉土薄层且厚度不均。标准贯入试验实测锤击数（N）值为 36~45 击，平均为 41.17 击。场区普遍分布，厚度：1.20~8.90m，平均 4.01m；层底标高：-6.319~7.12m，平均-1.43m；层底埋深：20.50~34.2.40m，平均 27.84m。

粉质黏土（地层编号⑥）：红褐色，含少量灰绿色条纹及铁锰质斑点，夹黏土或粉砂薄层。有光泽，干强度高，韧性中等，可塑~硬塑。场区普遍分布，厚度：0.90~9.70m，平均 4.36m；层底标高：-9.91~-1.42m，平均-6.50m；层底埋深：28.60~36.00m，平均 32.81m。

粉细砂（地层编号⑦）：褐黄色~黄褐色，呈密实状态，饱和。主要矿物成分为石英、长石，分选性好，可见姜石。局部夹有黏土或粉土薄层且厚度不均。标准贯入试验实测锤击数（N）值为 37~49 击，平均为 44.96 击。场区普遍分布，厚度：4.70~13.80m，平均 7.96m；层底标高：-20.00~-7.84m，平均-14.35m；层底埋深：34.00~46.50m，平均 40.62m。

粉质黏土（地层编号⑧）：红褐色，含少量灰绿色条纹及铁锰质斑点，夹黏土或粉砂薄层。有光泽，干强度高，韧性中等，可塑~硬塑。场区普遍分布，厚度：1.00~8.30m，平均 4.00m；层底标高：-23.53~-15.44m，平均-19.49m；层底埋深：42.00~49.80m，平均 46.05m。

（3）前震旦系敦煌群变质岩（AnZdn）

全风化黑云母斜长片麻岩（地层编号⑨1）：灰黑色~黑色。结构可见，主要风化成为含长石、石英、云母、角闪石残积土。场区普遍分布，厚度：1.50~14.20m，平均 4.85m；层底标高：-37.73~13.13m，平均-8.88m；层底埋深：15.20~64.00m，平均 36.05m。该层只有个别钻孔穿透。

强风化黑云母斜长片麻岩（地层编号⑨₂）：灰黑色～黑色。鳞片粒状变晶结构，片麻状构造。主要成分为长石、石英、云母、角闪石。节理裂隙发育，岩芯呈块状。场区普遍分布，厚度：1.40～14.80m，平均 5.17m；层底标高：-52.53～10.63m，平均-18.27m；层底埋深：18.00～78.80m，平均 45.27m。该层只有个别钻孔穿透。

中风化黑云母斜长片麻岩（地层编号⑨₃）：灰黑色～黑色。鳞片粒状变晶结构，片麻状构造。主要成分为长石、石英、云母、角闪石。场区普遍分布，厚度：1.50～6.20m，平均 3.32m；层底标高：-58.73～-20.22m，平均-32.39m；层底埋深：47.50～85.00m，平均 59.00m。该层只有个别钻孔穿透。

微风化黑云母斜长片麻岩（地层编号⑨₄）：灰黑色～黑色。鳞片粒状变晶结构，片麻状构造。主要成分为长石、石英、云母、角闪石。节理裂隙不发育，岩芯呈柱状。该层未穿透。

2.2.6.3.2 地质构造

根据区域及近区域资料以及已有的各项成果及物探成果，拟建场址区无断裂构造通过。

2.2.6.3.3 场地冻结深度

场址区标准冻结深度按 1.50m 考虑。

2.2.6.3.4 工程地震条件

2.2.6.3.4.1 地震动参数

根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)之附录 C，拟建场地对应于 II 类时的地震动峰值加速度为 0.15g，该地震动峰值加速度所对应的地震基本烈度为 VII 度；地震动加速度反应谱特征周期为 0.40s。

场地土类别和抗震地段划分依据《建筑抗震设计规范》GB50011-2010（2016 版）4.1.6 中规定，土层的等效剪切波速 V_{se} 为 454.0～460.0m/s， $250\text{m/s} < V_{se} < 500\text{m/s}$ ，覆盖层厚度大于 5m，判定建筑场地类别为 II 类。20m 深度土层等效剪切波速见表 2.2-10。

根据《建筑抗震设计规范》GB50011-2010（2016 版）中第 4.1.1 条，拟建场地属于抗震一般地段。

2.2.6.3.4.2 地震液化判别

饱和砂土主要为第三系上统砾砂、粉细砂等地层 (N_{2s})。按照历史最高水位或最不利条件考虑,地下水位于自然地表,场地内钻孔中 20.00m 深度内场地自上而下饱和砂土地层为第四系下统砾砂层(地层编号①)、粉细砂层(地层编号①₁)、第三系上统砾砂层(地层编号③)。地层地质年代均为第四系晚更新世 (Q_3) 以前。

勘察场地抗震基本烈度为 7 度,按《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 (2016 版) 第 4.3.3 条规定地质年代为第四系晚更新世 (Q_3) 及其以前时,7、8 度时可判为不液化,因此可不考虑地震液化对场地的影响。

2.2.6.3.5 不良地质作用与地质灾害

场址区未发现影响工程稳定性的地震液化、崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面塌陷、岩洞(溶洞、溶沟、溶槽等)等不良地质作用,也未发现古河、暗浜、人工洞穴及其他人工地下设施。

2.2.6.3.6 岩土工程分析与评价

2.2.6.3.6.1 场地稳定性

拟建场地地势较平坦,经调查拟建场地及其周围不存在滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害,场地内也未发现影响场地稳定的其他不良地质作用。场地内也不会发生地基液化的现象。

距离拟建场址最近的断裂为登登山断裂,登登山断裂为全新世活动断裂,距离拟建场址约 1.8km,大于规范所要求的最小避让距离 (200m)。可忽略其对场址的影响。

从地表至基岩顶面有多层黏性土分布,通过阳离子交换容量测定,粘土层对核素具有较大的吸附作用和阻滞核素迁移、扩散的能力,同时这些黏土层也是很好的隔水层。

综上所述,该场地为稳定场地,适宜本工程的建设。

2.2.6.3.6.2 地基均匀性

位于①层圆砾-砾砂层上,该层承载力较高,地层较稳定,地基可按均匀地基考虑。

2.2.6.3.6.3 地基稳定性

场地地基土主要为第三系硬塑状的粘性土及密实的砂性土（砂层局部呈轻微-中度胶结状态），下伏前震旦纪黑云母斜长片麻岩；在勘探深度内无软弱夹层，各层地基土承载力均较高。据钻探及物探结果，未发现破碎带等不稳定地质构造，土层与基岩面接触处，无软弱层存在，上覆土层不会沿基岩面滑移，拟建场地内无防空洞、采空区、土洞、泥石流、滑坡、坍塌等不良地质作用。故判定拟建场地地基是稳定的，适宜建设。

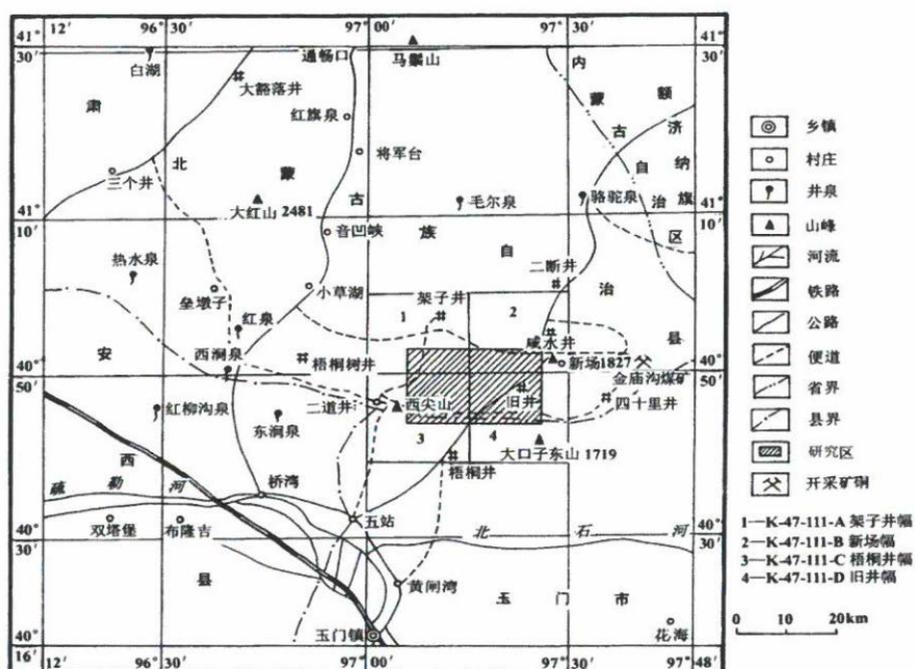
2.2.7 小结

本小节分析了矿区场址人口分布、社会经济和资源、气象条件、水文、地质和地震等自然和社会条件，初步判断矿区场址不存在颠覆低放废物处置场建设的因素。

2.3 旧井场址

2.3.1 地理位置

该场址位于甘肃省酒泉市肃北蒙古族自治县和玉门市，区域坐标为北纬 $40^{\circ}44' \sim 40^{\circ}53'$ ，东经 $97^{\circ}06' \sim 97^{\circ}26'$ 。交通位置见图 2.3-1。



2.3.2 人口分布

以旧井地段为中心半径 15km 为重点评价范围。该评价范围地处戈壁，人口极其稀少，常驻人口为 1 户当地牧民，人口密度小于 1 人/100 km²，离最近城市（玉门市）的直线距离大于 70km。

2.3.3 社会经济和资源概况

2.3.3.1 交通运输

场址及附近区域具有便利的交通运输条件，如图 2.3-2 所示，兰新铁路、312 国道和连霍高速公路（G30）在其南部通过，距场址约 90km；西部有 S216 省道，距场址约 70km；东部有 S215 省道，距场址约 80km；北部有京新高速公路（G7）通过，距场址约 120km。另外，从马鬃山镇至玉门的县道在场址东侧 15km 处通过。区域内干沟、戈壁滩均可通行越野车，目前，场址通过戈壁简易公路可到达周围城镇，交通情况见表 2.3-1。



图 2.3-2 场址交通位置图

表 2.3-1 交通运输情况统计表

地名	公路距离 (km)		
	柏油路	土路	总里程
玉门市 (老玉门镇)	14	66	80
404 厂	-	91	91
玉门市 (老市区)	85	66	151
嘉峪关	137	66	203
兰新铁路	14	66	80

2.3.3.2 基础设施条件

场址范围内可供利用的道路均为冲沟形成的戈壁土路，仅可通行越野车。场址东侧距离场址中心直线距离超过 10km，金庙沟至玉门黄花营乡间公路穿过。

场址及附近区域范围内无任何工业、农业及生活用水供水管线。现场所需用水需就地取水或从附近城镇拉水。

场址东侧直线距离 10km 左右，有一条从玉门市黄花营到金庙沟煤矿的 35kV 高压输电线路。除此之外，无任何供电设施。

场址内及周边无任何燃料供应、通讯设施。除四十里井生活一家牧民外，场址及周边无任何生活设施。

2.3.3.3 土地利用

北山地区属于低山丘陵区，山地约占 36%，戈壁盆地约占 64%。主要为微切割的中低山、丘陵与浅平洼地、沟谷相间排列。新场岩体位于北山地区中部。该区域土层较薄，以风沙土为主。

现场调查表明新场场址地处戈壁及低山区，人口极其稀少，只有几户牧民，没有基础设施。场址半径 15km 范围内无弹药、油料和易燃易爆的化学品仓库、武器试验场、军事、农林牧区、古迹、风景游览区、自然保护区、交通要道和供电厂等。地表以裸露基岩为主，沟谷中有少量沉积物，没有可供耕作土地、养殖场等。仅在新场场址所在新场花岗岩体的北侧约 0.9km 处有一小型金矿；岩体东侧约 0.5km 处有金庙沟煤矿，为一小型煤矿；岩体西侧约 7km 有一小型萤石矿，产量约 70t/a，以上三个矿点目前均处于时开时停状态。

根据《中华人民共和国土地管理法》和《土地利用现状分类》(GB/T21010-2007)规定和标准,在以新场场址为中心、半径15km为评价范围。该范围内地形地貌为微切割的中低山、丘陵,区域土层较薄,基岩裸露,土地以风沙土为主,没有可供耕作的土地,土地类型为低产草地。草地类型为劣等8级草地。土地管辖权属甘肃省酒泉市肃北蒙古族自治县,土地无其它开发和利用前景,目前无土地使用规划。

2.3.4 气象条件

场址所在区域地理纬度和海拔高度较高,降水量小,蒸发量大,干燥多风,植被稀少,冬冷夏热,属典型的大陆性气候。根据马鬃山、梧桐沟及玉门镇等气象站的资料,场址平均降水量59.2mm,区内最主要风向为NNE和W(图2.3-3)。

2.3.5 水文

2.3.5.1 地下水

2.3.5.1.1 地下水类型及赋存状态

根据构造条件、岩石空隙特征及水理性质,含水介质可分为裂隙介质和孔隙介质两种类型。

裂隙是研究区地下水的主要含水介质之一,根据裂隙成因,又可分为风化裂隙和构造裂隙。风化裂隙仅限于岩层表面,分布密集,相互连通性较好,其发育深度一般50m左右,局部可达100米。裂隙发育程度随深度增加而递减,可构成风化裂隙含水层。由于各地段地貌、岩性及构造条件不同,因此,裂隙发育存在明显差异,致使地下水分布具有不均匀特点。研究区岩性对地下水的控制作用极为明显,花岗岩裂隙含水性远远强于变质岩。

孔隙介质主要发育在松散岩层中。该区孔隙介质主要为沟谷洼地及盆地中的第四系砂砾石层和砂层,含水层厚度一般小于1m。其基本特点:相互连通,分布密集而均匀,松散岩层的孔隙较大时,对重力水在其中的流动阻隔作用弱,岩石透水能力较强,构成区域

含水层。孔隙很小的松散岩层，往往形成隔水层。区内松散沉积物地下水水量变化不大，涌水量也较小，多小于 $10\text{m}^3/\text{d}$ ，地下水埋深一般大于 2m ，其富水性不仅取决于含水介质本身的岩性、厚度，同时也受沟谷洼地规模及与其连通的断裂带富水程度的影响。

2.3.5.1.2 地下水补给、径流排泄条件

旧井地段地下水系统位于区域地下水流场的径流区（如 2.3-3 和图 2.3-4 所示）。浅层地下水主要接受大气降水的垂直入渗补给，部分消耗于蒸发，部分通过沟谷或构造破碎带向下游径流排泄，最终流向盆地或区域排泄点，构成完整的地下水循环交替系统；深部地下水主要接受上游侧向径流补给以及浅层地下水经过断裂构造补给。

区域流场：北部浅部地下水向北东方向流动，最终汇泄集于红柳泉盆地，南部地下水虽受东西向变质岩体的阻隔，但地下水仍可能沿较大的构造破碎带由东北向西南流动，在研究区西部，地下水主要是自西北向东南流动，东部新场山以东，地下水主要为自西向东流动。但在局部地区如旧井洼地，板滩洼地，地下水自周边向洼地中心流动。图 2.3-5 为旧井预选地段地下水区域流场推测图。

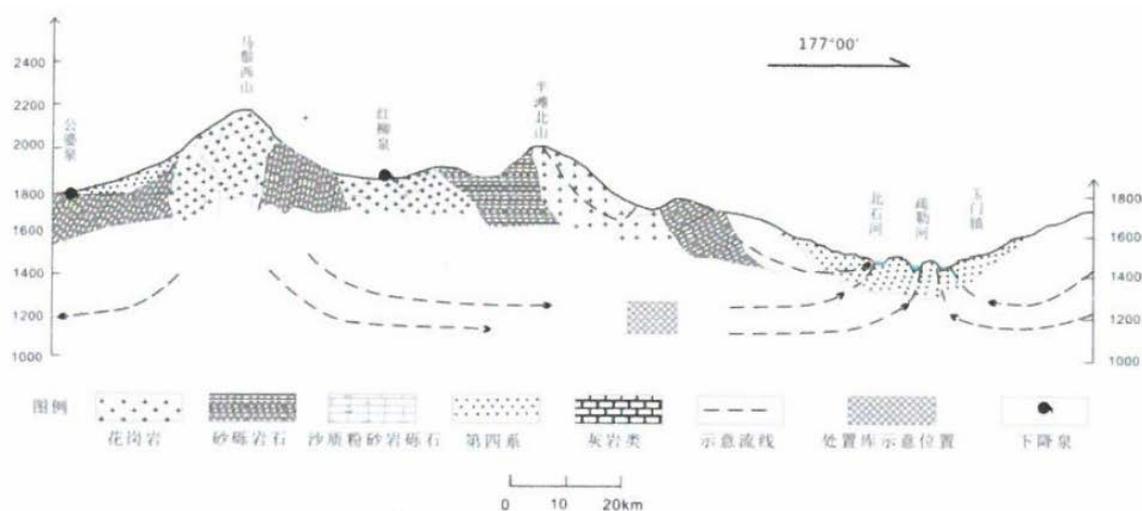
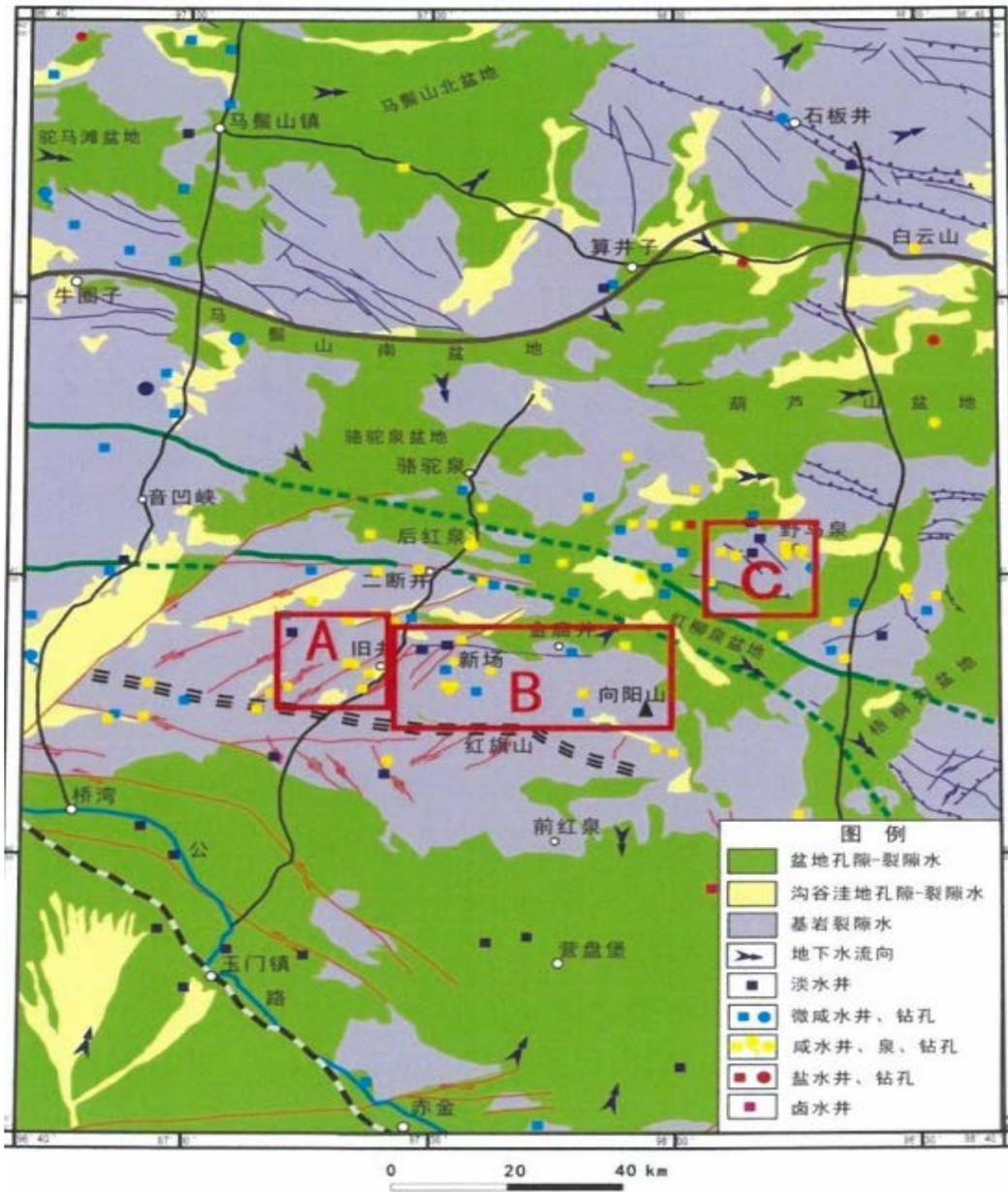


图 2.3-3 公婆泉-玉门镇水文地质剖面示意图



A—旧井地段 B—新场向阳山地段 C—野马泉地段

图 2.3-4 甘肃北山预选区区域水文地质简图

2.3.5.1.3 地下水化学特征

区内地下水阳离子以 Na^+ 为主，其次为 Ca^{2+} ；阴离子以 Cl^- 和 SO_4^{2-} 为主。地下水的主要化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4\text{-Na}$ 型；地下水的 pH 值介于 7.1~8.0 之间，平均值 7.8；水温 8~14℃ 之间；地下水总溶解固体(TDS)变化在 1.0~5.5g/L 之间，平均值 2.4g/L，属微咸水。

2.3.5.2 地表水

由于北山地区干旱少雨，无常年性地表水系，仅为季节性暂时洪流而形成的干沟。据前人成果，降雨量大于 5mm/d 时，北山地区沟谷均有洪流发生。

场址附近的新场地区地形自南向北缓坡状倾斜，受地形和地质构造的影响，区内沟谷呈树枝状自西南向东北方向延伸遍布于整体推荐场址区，因降水稀少，区内沟道内几乎没有流水，仅在发生较大降水时在沟道内有暂时性的洪流。

2.3.6 地质和地震

2.3.6.1 地形地貌

场地属低山丘陵地形，总体地形南高北低。南部为低山区，由华窑山-帐房山-半滩南山构成北西西向斜列山体，山脊峻峭，地形切割较强，海拔 1670 ~ 1834m（最高峰帐房山 1834.5m），相对高差 165m；北部为岩漠构成的起伏不大的丘陵，为场址主体。岩漠主要由花岗岩组成，基本处于同一夷平面上（海拔 1700m），相对高差小于 30m；泥漠形成于两列北东向洼地中。东侧旧井-板滩北东向洼地为区内主要汇水区，其北端为旧井盆地（海拔 1640m），有红柳灌木丛生长，南端板滩为航卫片上极为醒目的泥漠，地面十分平坦。西侧北东向洼地，规模略小，称之为半滩，主要由狭长的泥漠构成。

场址区内沟谷发育，主要为东西向和北东向两组受断裂控制的线状谷，无常年流水，亦无明显阶地。东西向沟谷发育于研究区北缘和中南部。北缘为黑山道-蛇跃区谷地，其上游至架子井为北西向，往东南至黑山道红柳沙疙瘩转为南西向，属流入疏勒河的水系。沟谷中仅在雨季山洪暴发时才有水流，雨过谷干。

2.3.6.2 区域地震地质特征

区域指以场址为中心半径 150km 范围内。本报告区域选取范围为东经 95°18'43"~99°56'53"、北纬 39°23'44"~42°28'38"，涉及新疆维吾尔自治区、甘肃省以及内蒙古自治区。

一般表现为地壳的间歇性抬升和印支-燕山期断裂的继续活动，并对区域内地貌的形成和第四纪沉积起明显的控制作用。

2.3.6.2.2.2 新构造运动分区

在新构造时期，区域构造运动强度、断裂活动方式、构造应力场和地震活动等存在着很大差异。根据这些差异可以划分出不同的新构造活动单元，即祁连山隆起区、河西走廊西段沉降区、敦煌-安西沉降区、阿拉善隆起区和北山隆起区。其中青藏高原东北缘及其北邻地区，新构造运动十分强烈，以断裂及其控制的断块活动为基本特征，具有显著的水平运动和垂直差异活动。

根据《国家首座高放废物地质处置地下实验室候选场址初步筛选技术报告》中北山地区区域新构造运动分区研究成果，北山地区新生代构造主要受控于阿尔金断裂带的活动。根据预选区及邻近地区 GPS 观测结果，GPS 速度场所揭示的现今地壳水平运动特征（如图 2.3-6 所示）表明青藏高原周缘的塔里木盆地和阿拉善地区相对稳定，现今构造变形微弱；青藏高原东北缘西部主要表现为北东向挤压缩短变形、东部主要表现为顺时针整体旋转等特点。甘肃北山预选区位于北山大面积弱隆升区(IV)（如图 2.3-7）。

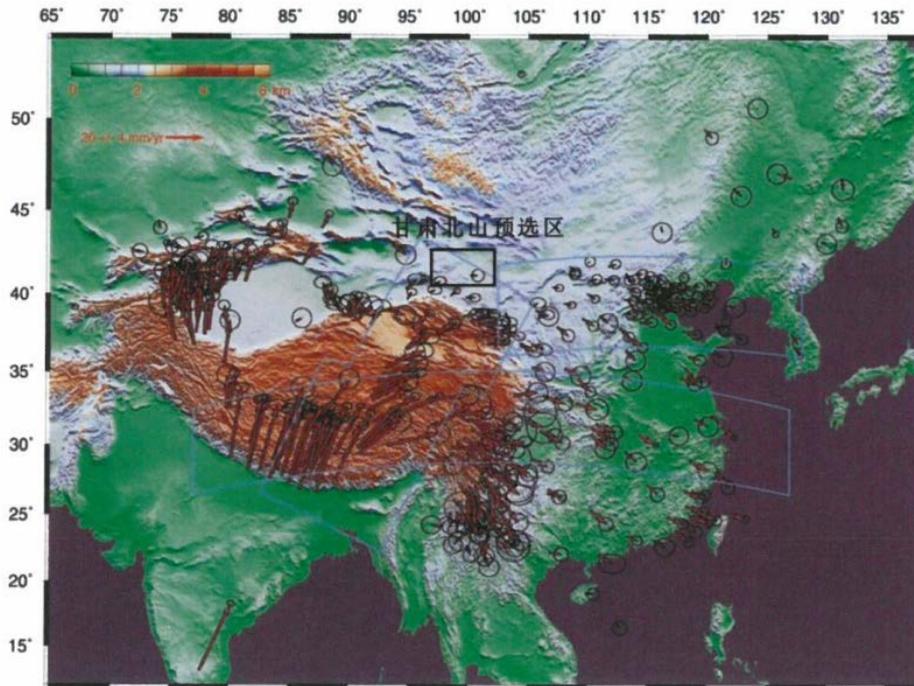


图 2.3-6 中国地壳水平运动速度场

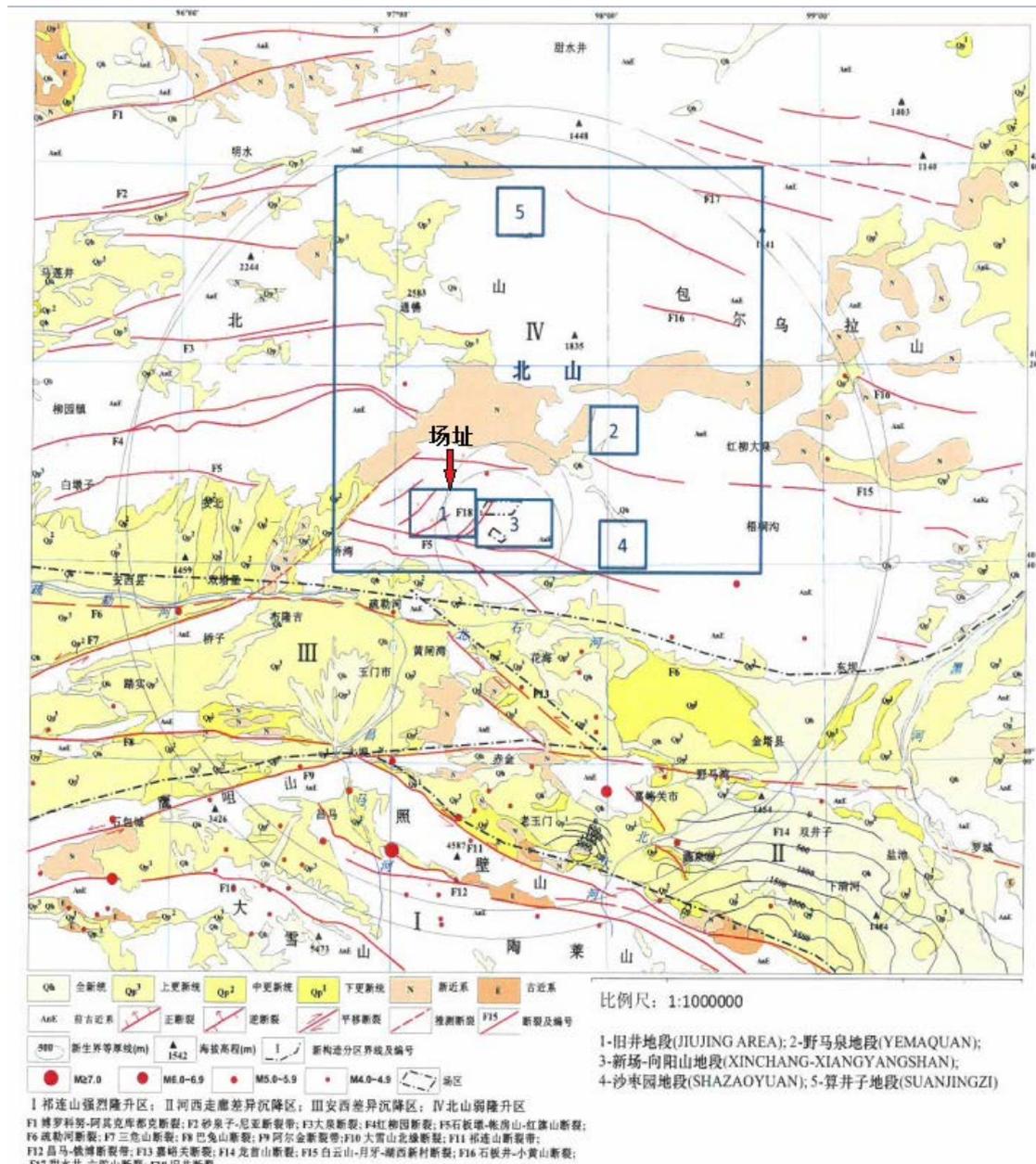
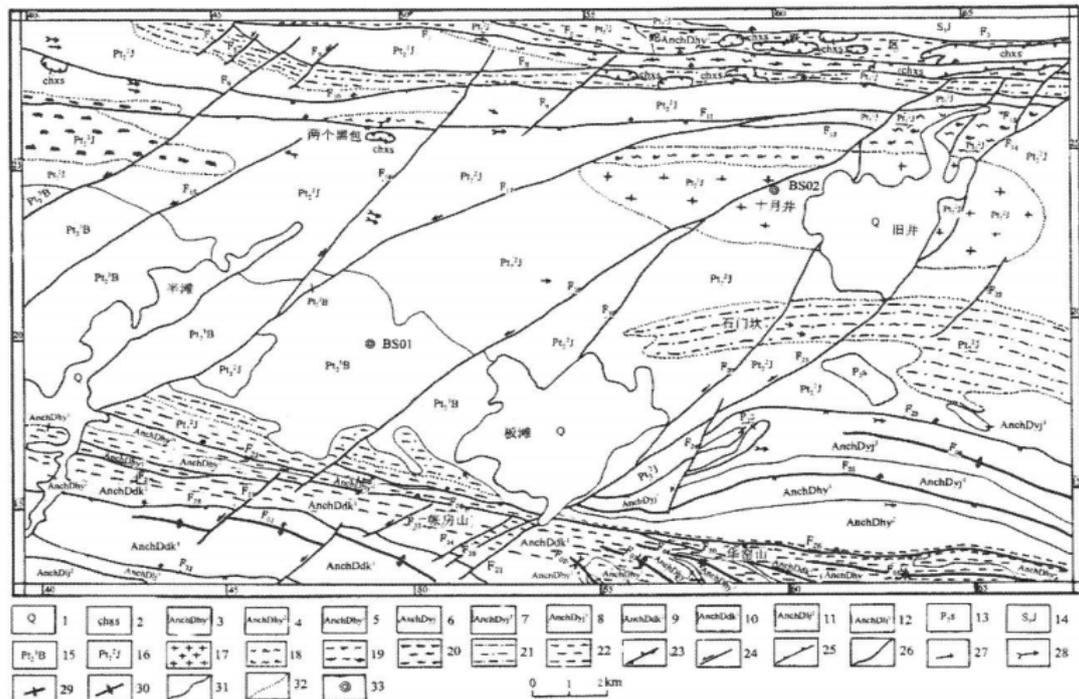


图 2.3-7 区域新构造分区图

2.3.6.2.3 断裂构造

断裂构造比较发育，华力西晚期东西向逆冲断裂构造、印支-燕山期形成的北东向断裂等相互交织在一起，将区内岩石地层单位大多分割成近于平行四边形的块状体。依据其几何性质和力学性质，可将它们划分为东西向断裂和北东向断裂两大系统（如图 2.3-8）。



1-第四系；2-长城系咸水群；3-前长城系敦煌群华窑山岩组石英岩段；4-华窑山岩组千枚状片岩段；5-华窑山岩组角闪片岩段；6-敦煌群鱼脊山岩组大理岩段；7-鱼脊山岩组上高铝片岩段；8-鱼脊山岩组下高铝片岩段；9-敦煌群大口子岩组大理岩夹片岩段；10-大口子岩组白云石英片岩段；11-敦煌群老君庙岩组片麻岩段；12-老君庙岩组混合岩段；13-石门坎单元白云母二长花岗岩；14-架子井单元石英闪长岩；15-板滩单元似斑状二长花岗岩；16-旧井单元英云闪长岩；17-块状英云闪长岩；18-条带状英云闪长岩；19-眼球状英云闪长岩；20-条痕状英云闪长岩；21-糜棱片岩（英云闪长岩）；22-韧性剪切带；23-逆断层；24-压剪性断层；25-推覆断层；26-性质不明断层；27-拉伸线理；28-小褶曲枢纽；29-背形；30-向形；31-地质界线；32-变形分界线；33-钻孔位置。

图 2.3-8 旧井场址构造地质图

东西向断裂构造由两条区域性大断裂带组成，分布于场址南北两侧旧井单元岩体与前长城系敦煌岩群变质岩的接触带附近。其中南侧断裂带由帐房山-华窑山断裂(F26)、半滩南-华窑山北断裂(F25)、半滩南山北断裂(F28)等七条东西向断裂组成；北侧断裂带主要由两个黑包北-十月井北断裂(F11)、两个黑包北断裂(F10)、蛇跃区断裂(F1)等六条东西向断裂组成。

北东向断裂比较发育，将区内岩石分割成菱形块状，其代表性断裂主要有旧井断裂(F21)、十月井断裂(F18)和半滩东-十月井西断裂(F17)。

2.3.6.2.4 区域地震活动环境评价

1) 场址所在区域范围广大，涉及新疆地震区的南天山地震带，青藏地震区的柴达木-阿尔金地震带与六盘山-祁连山地震带（如图 2.3-9）。区域内地震活动总体南强北弱。

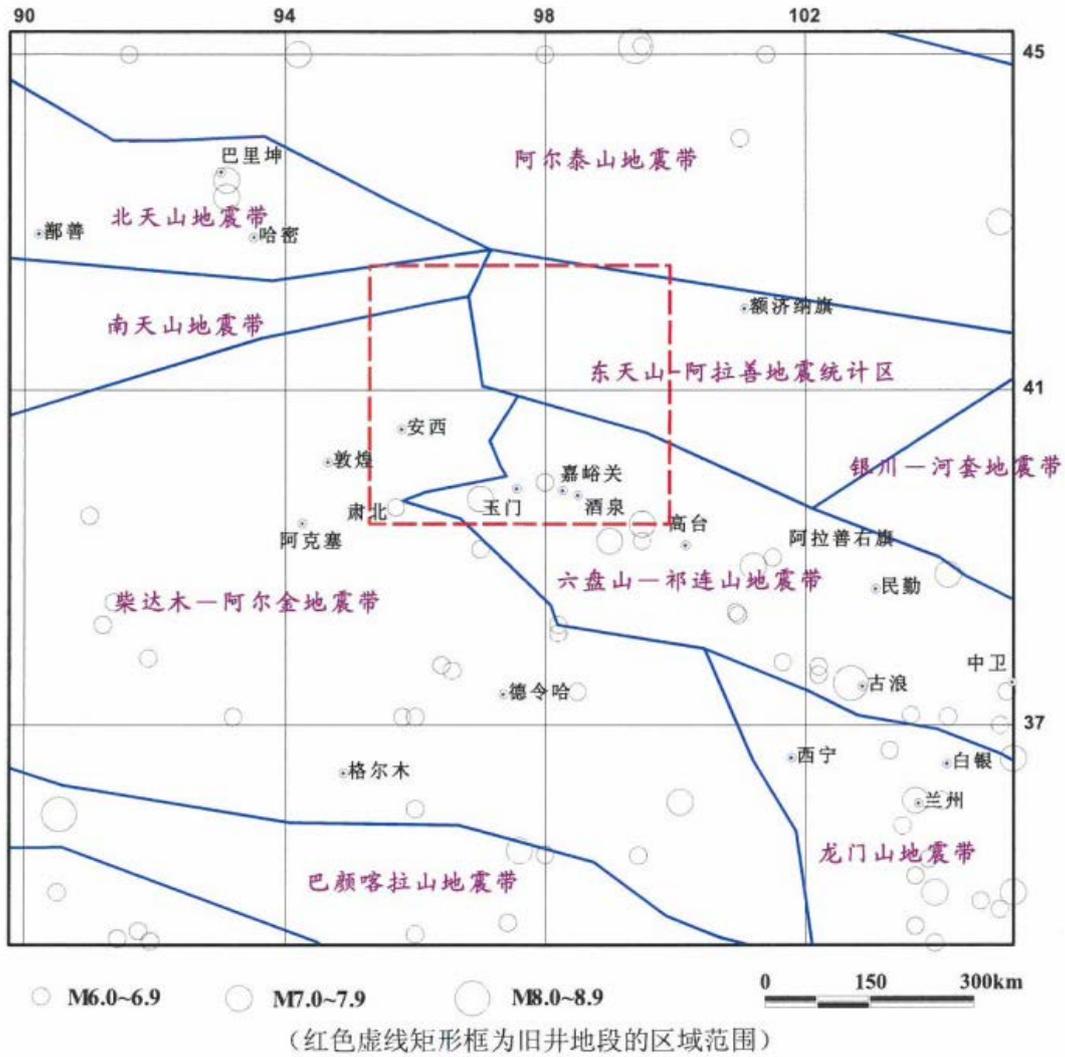


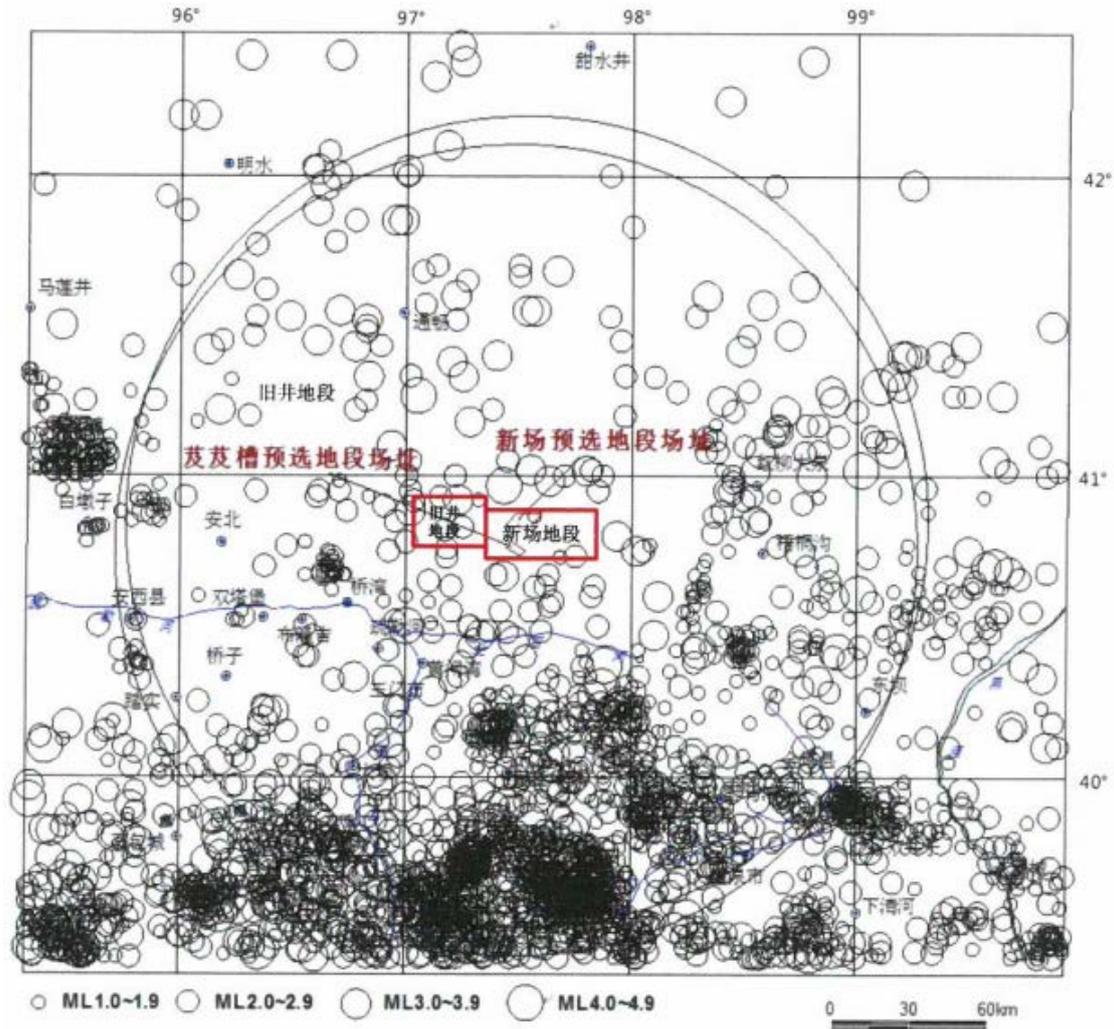
图 2.3-9 地震带于强震震中分布图

2) 从公元 180 年至今, 共记载到 $M \geq 4.7$ 级地震 14 次, 其中 $M5 \sim 5.9$ 级地震 7 次、 $M6 \sim 6.9$ 级地震 2 次、 $M7 \sim 7.9$ 级地震 2 次。最早记录的地震为公元 180 年甘肃高台西 $7\frac{1}{2}$ 级地震, 区域范围内曾记录到的最大地震为 1932 年甘肃玉门昌马 7.6 级地震。区域范围内 4.7 级以上地震的目录如表 2.3-6 所列, 震中分布如图 2.3-10。

表 2.3-6 区域范围内 $M \geq 4.7$ 地震目录

发震时间			震中位置		震源	震级	精度	震中烈度	震中地区
年	月	日	经度	纬度	深度 (km)				
180	8		99.5	39.4		$7\frac{1}{2}$	2	X	甘肃高台西
1699			99.5	39.8		$4\frac{3}{4}$	2	VI	甘肃高台西北
1785	4	18	98.0	39.9		$6\frac{1}{2}$	5	VIII	甘肃玉门惠回堡
1832	8		96.8	39.9		$5\frac{1}{2}$	2	VII	甘肃玉门昌马
1917			99.8	39.4		$4\frac{3}{4}$		VI	甘肃高台
1932	12	25	97.0	39.7		7.6	2	X	甘肃玉门昌马
1933	1	17	97.0	40.0		$5\frac{1}{2}$			甘肃玉门昌马一带
1933	7	11	96.0	40.5		$5\frac{1}{4}$			甘肃安西一带
1951	12	27	95.7	39.6		6	2		甘肃肃北东
1952	1	23	95.7	39.8		$5\frac{1}{2}$	2		甘肃肃北东北
1956	10	27	99.0	39.6		$4\frac{3}{4}$	2		甘肃酒泉东南
1992	1	12	98.3	39.7	23	5.3			甘肃嘉峪关
2002	12	14	97.3	39.8	22	5.9	1		甘肃玉门旱峡
2009	10	2	96.1	39.6	4	5.2			甘肃肃北东北

3) 1970 年以来共记载 $ML1.0 \sim 4.9$ 级地震 3060 次, 其中 $2 \leq ML < 3$ 级地震 1601 次; $3 \leq ML < 4$ 级地震 295 次; $4 \leq ML < 5$ 级地震 57 次。现代台网记录小镇分布如图 2.3-10 所示。



(ML=1.0~4.9, 1970年1月~2012年2月)

图 2.3-10 区域现代仪器记录小震震中分布图

4) 场址南部的祁连山是中国大陆地震活动较为强烈的地区之一，历史地震、现代小震活动均较为活跃，其活动过盛主要特征是集中性很高；地震活动主要集中在区域的嫩不，在河西走廊一带震中呈 NW 向，与区域构造方向一致。

5) 编制了区域及邻区地震震源机制解图（如图 2.3-11）以及区域构造应力场最大主压应力（P 轴）分布图（图 2.3-12）。地震震源机制解反映的现代构造应力场有着明显地域特点，区域现代构造应力场主压应力轴向以北北东-北东向为主，主压应力轴仰角大部分在 30° 以下，说明区域现代构造应力场主压应力是近于水平方向的。

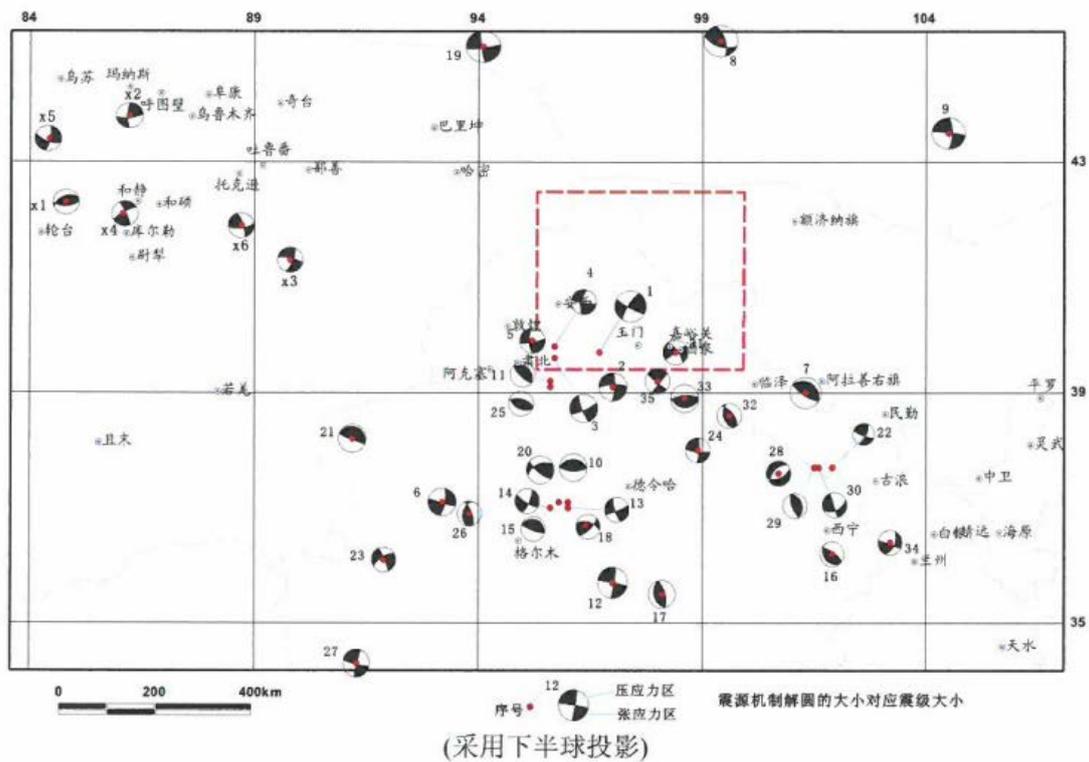


图 2.3-11 区域及邻区地震震源机制解图

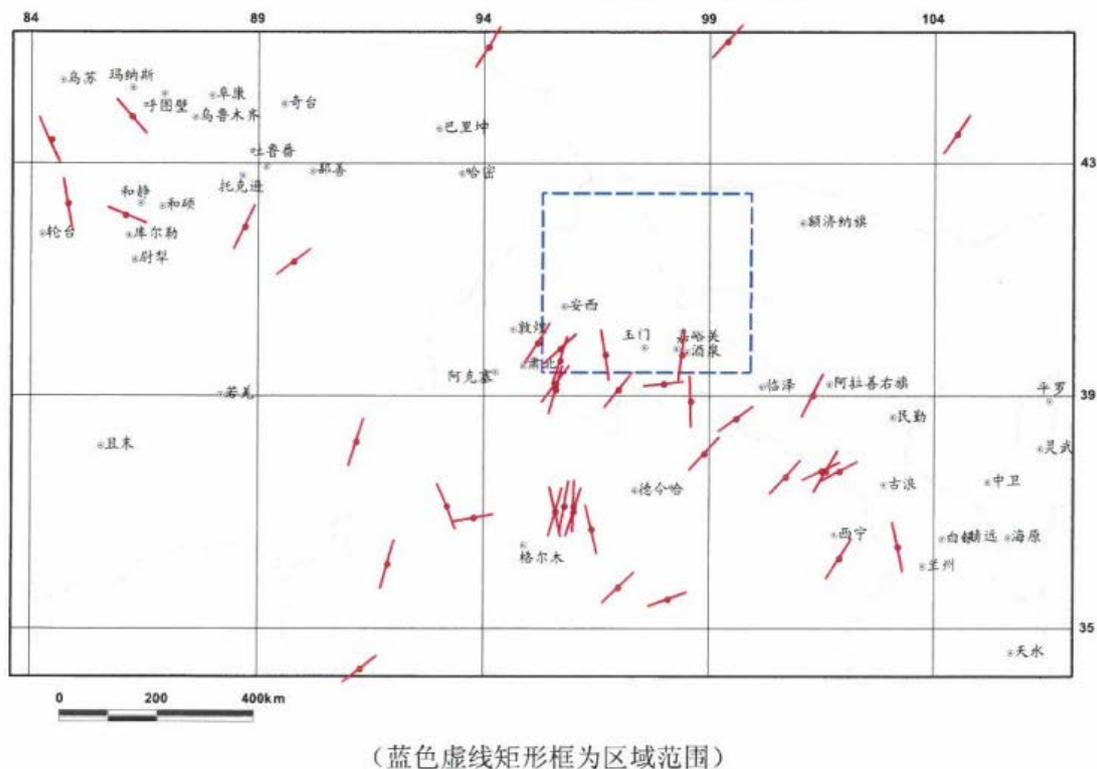


图 2.3-12 区域及邻区主压应力轴分布图

6) 此区域地震基本上是发生在地壳中上层的浅源地震，区域地震震源深度绝大部分在 34km 以内，其中 82% 的地震在 1~14km 深度

范围。

7) 祁连山地区多次遭受历史破坏性地震影响。该区域最大宏观影响烈度达 V 度。

2.3.6.2.5 近区域地震地质特征

近区域指以场址为中心，半径 25km 范围内。

2.3.6.2.5.1 断裂构造

旧井预选地段近区域发育多条断裂，根据断裂的走向可以分为北东、北西和近东西向 3 组，其中旧井断裂及其以西地区存在晚更新世活动断裂，其它断裂均为早-中更新世或前第四纪断裂，近区域断裂构造分布如图 2.3-13 所示。各断裂的活动时代见下表（表 2.3-7）。



图 2.3-13 旧井场址近区域地质构造简图

表 2.3-7 近区域主要断裂活动性评价一览表

编号	名称	长度 (km)	产状			运动性质	活动时代
			走向 (°)	倾向	倾角 (°)		
F16	半滩断裂	24	35~40	NW	75	左旋正断	晚更新世
F20	旧井西断裂	15	25~30	NW	68	左旋正断	晚更新世
F21	旧井断裂	22	25~35	NW	60	左旋正断	晚更新世
F6	金庙沟断裂	54	近东西	S	70~80	逆冲	前第四纪
F16	红旗山断裂	41	110	SW	75	左旋正断	早更新世
F3	二断井断裂	38	近东西	S	53	逆冲	前第四纪
F90		7	310				前第四纪
F91		8	310	北东或 南西	58~84	逆走滑	前第四纪
F92		5	320	SW	69	逆走滑	前第四纪
F93		7	310			逆走滑	前第四纪
F94		14	310	SW	85	逆走滑	早-中更新世
F95	四十里井断 裂	3	45	NW	68	走滑	早-中更新世
F96		9	55	SE	70	走滑	前第四纪
F97		8	60	SE	70	走滑	前第四纪
F98		8	60	SE	60	走滑	前第四纪
F99		10	45			走滑	前第四纪
F100		7.5	65	NW 或 SE	60~80	走滑	前第四纪
F101		24	近东西	S	73~86	逆走滑	前第四纪

2.3.6.2.5.2 近区域地震目录

场址近区域范围史料未记载到 4.7 级以上地震。1970 年以来现代仪器共记载 1.0~4.9 级地震 37 次，其中 M_L 1.0~1.9 地震 5 次、 M_L 2.0~2.9 地震 26 次、 M_L 3.0~3.9 地震 5 次、 M_L 4.0~4.9 地震 1 次，最大地震为 1997 年 1 月 26 日 M_L 4.0 级地震（表 2.3-8、图 2.3-14）。

表 2.3-8 近区域现代仪器记录地震目录

年	月	日	经度	纬度	震源深度	震级
1972	5	20	97.550	41.020		3.2
1977	2	23	97.400	40.670		2.7
1979	11	9	97.850	40.950		2.2
1980	11	21	97.700	41.000		2.7
1981	6	15	97.250	40.830		2.1
1983	9	4	97.180	40.730		2.6
1984	10	13	97.630	40.670		2.8
1985	12	1	97.570	40.630		2.1
1986	1	15	97.450	41.050		2.8
1986	11	13	97.820	40.600		2.2
1989	5	8	97.433	40.667	10	3.2
1989	8	13	97.633	40.567	12	2.8
1989	9	29	97.650	40.583		2.2
1990	5	12	97.550	40.550		2.5
1991	5	10	97.833	40.633	8	2.3
1991	10	27	97.217	41.000		2.2
1993	12	6	97.633	40.983	4	3.4
1994	8	15	97.750	40.733		2.7
1996	3	9	97.200	40.633		2.3
1997	1	26	97.433	40.967.000		4.0
1998	7	29	97.617	40.633		2.7
1999	11	22	97.200	40.550	2	2.2
2001	11	9	97.100	40.650		2.1
2003	7	8	97.217	41.000		2.4
2004	11	19	97.170	40.820		2.3
2005	1	26	97.820	41.020	1	2.3
2006	2	8	97.800	41.017	19	3.6
2007	6	8	97.230	40.920	6	3.4
2008	7	28	97.870	41.000	9	2.3
2008	8	19	97.420	40.550	8	2.0
2008	8	21	97.150	40.930	8	2.1
2009	2	18	97.180	40.760	7	2.5

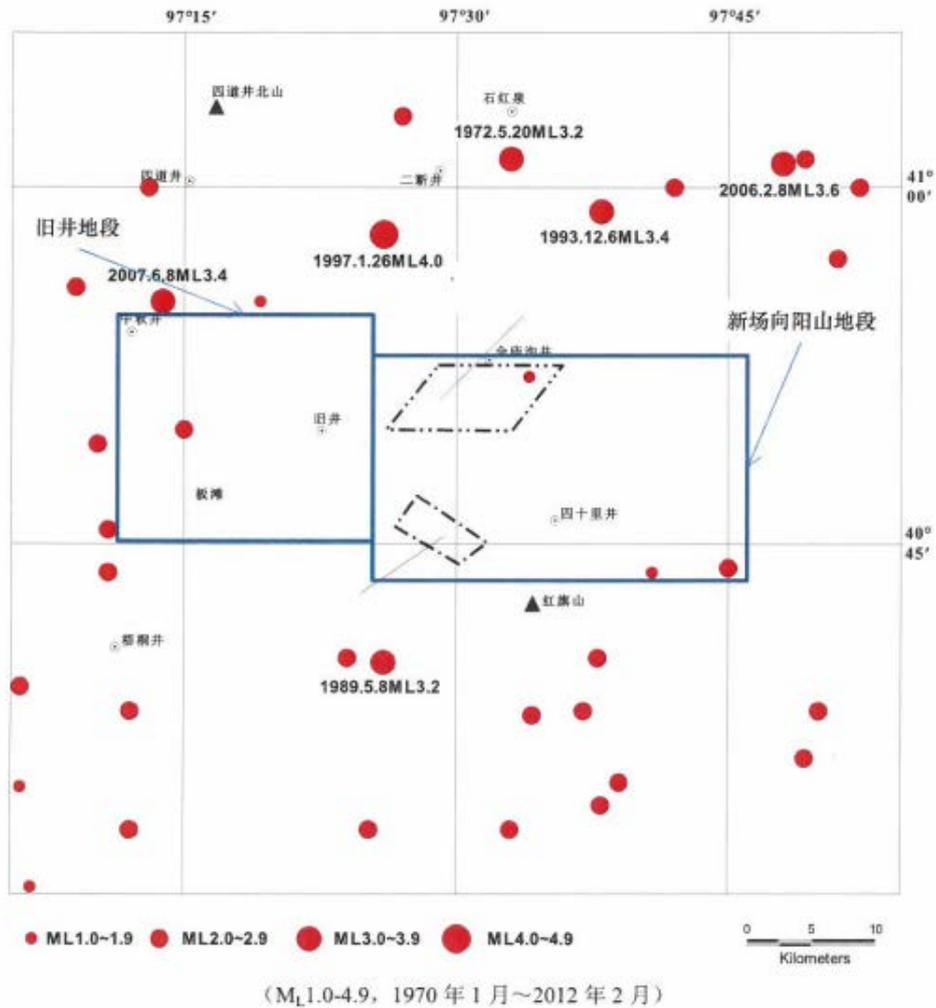


图 2.3-14 旧井场址近区域现代仪器记录地震震中分布图

2.3.6.2.5.3 场址地震安全评价

场址位于北山南带中段，大地构造位置处于塔里木板块东端，属二级大地构造单元塔里木地台和北山古生代褶皱带的衔接部位，旧井岩体距离二级构造单元边界超过 25km。场址区内构造形变以断裂和裂隙为主，其次为韧性剪切变形等。旧井地段东部的旧井断裂（F₂₁）、旧井西断裂（F₂₀）和十月井断裂（F₁₈）为晚更新世断裂，属于活动断裂，半滩断裂（F₁₆）为晚更新世以来的弱活动断裂。场址内部及外围（25km 范围内）存在的断裂均为非活动断裂。场址近区域新近纪以来没有发生过火山活动，不存在颠覆处置场建设的地震地质作用。

2.3.6.3 工程地质

2.3.6.3.1 地层岩性

旧井场址属塔里木-南疆地层大区中、南天山-北天山地层区中天山-北山地层分区红柳园地层小区，地层分有面积约 170km²，占场址总面积的 37%。出露地层主要为前长城系敦煌岩群、长城系咸水井群变质岩系和第四纪松散堆积层。

敦煌岩群为一套中级变质岩系，出露面积约 100km²，占场址总面积的 22%，主要呈东西向分布于场址南部，在该地段北缘仅为零星分布。其变质岩岩石类型复杂多样，主要岩石类型为千枚岩、云母片岩类、石英片岩类、片麻岩类、绿片岩、角闪片岩类、大理岩类和混合岩类。

咸水井群主要呈东西向零星分布于场址北缘东段以北 2~4km 范围内，出露面积约 5km²，占场址总面积的 1%。出露的岩石类型比较单一，以斜长角闪岩（变玄武岩）为主，厚约 150m。

第四系由全新统组成，出露面积约 65km²，占场址总面积的 14%。主要分布于受断裂控制的北东向洼地，其次为场址北缘的东西向沟谷中。

场址花岗岩类属于塔里木板块北缘北山难带构造-岩浆带的一部分，该带岩浆活动强烈，从元古代持续到晚古生代；所形成的花岗岩类地质体均呈大面积岩基广泛发育，出露面积 292km²，约占场址总面积的 63%。花岗岩类主要为中元古代和晚元古代岩浆活动的产物，与前长城纪变质岩系共同构成场址的结晶基底，可划分为旧井单元 (Pt₂²Jδoβ)、板滩单元 (Pt₂³Bηγ)、架子井单元 (S₃²Jδo) 和石门坎单元 (P₂Sηγ) 四个单元。花岗岩类的露头和地貌特征均为强烈夷平的平缓起伏的石漠或低丘。

2.3.6.3.2 地质构造

旧井地段内区域性节理构造发育，包括不同构造时期形成的张节理、剪节理及区域性节理。地段内花岗岩脉充填的节理主要有七组，其中最为发育的有东西向、北西 325°、北东 15°和北东 35°走向

的四组。这些节理之间没有明显的相互交切关系，从节理的排列和组合关系所反映的应力-应变关系推断场址应力场在印支-燕山期一直处于稳定状态。

旧井地段内韧性剪切变形发育，分布于前长城系敦煌岩群变质岩和旧井英云闪长岩单元片麻岩中，形成一些东西向的韧性剪切带，其规模较大，受后期断裂构造改造明显，主要由糜棱岩带、构造片岩带组成。其中最主要的为半滩南-华窑山韧性剪切带、石门坎东韧性剪切带和蛇跃区韧性剪切带。

2.3.6.3.3 岩体物理力学性质

2.3.6.3.3.1 岩石基本物理性质

似斑状二长花岗岩的颗粒密度为 $2.59\sim 2.70\text{g/cm}^3$ ，岩石均匀性较好；英云闪长岩的颗粒密度为 $2.65\sim 2.88\text{g/cm}^3$ ，部分岩性段的英云闪长岩含轻矿物较多，而部分岩性段含重矿物较多，英云闪长岩的均匀性低于似斑状二长花岗岩；英云闪长岩的颗粒密度大于似斑状二长花岗岩的颗粒密度。

声波试验结果表明，英云闪长岩纵向波速为 $3570\sim 5400\text{m/s}$ ，横向波速为 $1950\sim 3490\text{m/s}$ ；似斑状二长花岗岩纵向波速为 $4150\sim 5120\text{m/s}$ ，横向波速为 $1950\sim 3350\text{m/s}$ ；似斑状二长花岗岩实测声波波速离散性比英云闪长岩的小，说明似斑状二长花岗岩的均匀性比英云闪长岩好。

英云闪长岩的动泊松比为 $0.17\sim 0.39$ ，动弹性模量为 $29000\text{MPa}\sim 78600\text{MPa}$ ；似斑状二长花岗岩的动泊松比为 $0.19\sim 0.4$ ，动弹性模量为 $27900\sim 63000\text{MPa}$ 。分析表明，深部岩石的动泊松比比浅部的高，动弹性模量比浅部的低。

似斑状二长花岗岩和英云闪长岩均具有高密度、低含水量、低吸水性率和低孔隙率的特性，岩石非常致密。英云闪长岩的密度大于似斑状二长花岗岩的密度，似斑状二长花岗岩均匀性较好。

2.3.6.3.3.2 岩石基本力学性质

浅部似斑状二长花岗岩单轴抗压强度较低，而弹性模量、抗拉强度和抗剪切强度较高。300 米以下似斑状二长花岗岩岩性均匀，

单轴抗压强度和弹性模量较高。英云闪长岩岩性不均匀，由浅至深，力学强度和弹性模量增高。围压增大，三轴抗压强度显著增大，塑性变形增大，破坏时应变增大，弹性模量和泊松比增大。

深部岩石均具有高单轴抗压强度，高抗拉强度，高抗剪强度，低变形和高脆性的特性。

2.3.7 小结

本小节分析了旧井场址人口分布、社会经济和资源、气象条件、水文、地质和地震等自然和社会条件，初步判断旧井场址不存在颠覆低放废物处置场建设的因素。旧井场址水、电、道路等基础设施条件较差，会增加处置场建设费用。

第三章 处置场

3.1 处置对象

3.1.1 处置范围和规模

甘肃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。

甘肃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，处置能力设计为 4000m³/a，运行期 10 年。

3.1.2 处置源项

3.1.2.1 低放废物的来源

(1) 核电运行产生的可燃废物

甘肃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，与其他水泥固化/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) 核电厂退役废物

退役废物包装形式以 200L 桶、400L 桶及钢箱为主。根据核电厂退役工程设计经验，退役阶段废物主要来自于反应堆结构材料的活化产物，各放射性厂房内因沾污等原因而受到放射性污染的金属

及非金属废物，反应堆堆坑去污及拆除过程中产生的混凝土类低废物，在系统倒空、系统串洗及离线去污过程中产生的放射性废液水泥固化废物等。退役废物活化金属废物及非金属废物体积占比约为6:1。

对于活化产物沉积源项，典型的压水堆需要考虑活化的材料包括：堆芯围板、吊篮桶体、热屏板及上下部堆内构件、压力容器内外堆焊层、压力容器母材等。压力容器中主要的活化核素主要有Co-58、Co-60、Ni-59、Ni-63、Mo-93、Tc-99。对于堆外主回路管道设备的退役废物源项，核素有Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-58、Co-60、Ag-110m、Sb-124。考虑压力容器活化产物一般可达中放废物水平，对于退役废物中的低放活化产物核素，主要考虑堆外主回路管道设备退役废物中的Co-60。按照反应堆停堆后经历10年安全关闭期，衰变十年后，以表面剂量率30mSv/h反推Co-60源项见表3.1-4。

表 3.1-4 堆外主回路管道设备退役废物源项特征

核素	400L 桶 Bq/kg
Co-60	5.67E+08

对于其它退役过程中产生的非金属废物及废液固化体废物，由于目前暂缺少相关源项数据，且根据一般工程经验，此类废物的表面剂量率均为较低水平，故参考核电废物中表面剂量率小于2mSv/h的废物源项特征，详见表3.1-4。

(4) 其他领域的低放废物

其他领域的废物所含的核素及最大比活度见表3.1-5。

表 3.1-5 其他领域拟送废物主要核素

核素	最大活度浓度 (Bq/kg)
Co-60	1.33E+05
Ni-63	4.53E+03
Sr-90	4.83E+07
Tc-99	1.34E+06
Sb-125	7.93E+05
Cs-134	3.88E+05
Cs-137	7.10E+07
Ce-144	2.08E+04
Pm-147	3.85E+04
Sm-151	2.57E+05
Eu-155	7.52E+05
Np-237	2.03E+02
Pu-238	2.52E+03
Pu-239	1.25E+02
Pu-240	2.12E+02
Pu-241	8.12E+07
Am-241	1.12E+03
Am-242m	1.32E+04
Am-243	2.52E+01
Cm-243	1.96E+01
Cm-244	3.69E+03

3.1.2.2 低放废物处置量

(1) 处置场总体规划处置活度

根据确定的废物源项特征，计算甘肃低放废物处置场 100 万 m³ 容量中核素组成与活度如下表 3.1-6 所示（废物包密度统一按 2000kg/m³ 估算）。由表可以看出，甘肃低放废物处置场总体规划 100 万 m³ 处置核素的活度为 4.96×10¹⁷Bq。

表 3.1-6 甘肃低放废物处置场总体规划接收废物核素活度组成

核素	合计 (Bq)	最大活度浓度 (Bq/kg)
Cr-51	1.86E+14	7.70E+05
Mn-54	7.92E+13	3.02E+05
Fe-59	2.70E+12	7.17E+04
Co-58	8.88E+13	3.67E+05
Co-60	1.53E+17	5.67E+08
Ni-63	6.47E+12	4.53E+03
Sr-90	6.90E+16	4.83E+07
Nb-95	1.73E+14	4.59E+06
Zr-95	1.14E+14	3.01E+06
Tc-99	1.91E+15	1.34E+06
Ru-103	2.14E+13	8.84E+04
Ag-110m	1.58E+13	3.86E+05
Sb-124	6.45E+12	1.71E+05
Sb-125	1.16E+15	7.93E+05
Cs-134	6.60E+14	3.73E+06
Cs-137	1.02E+17	7.10E+07
Ce-144	2.97E+13	2.08E+04
Pm-147	5.50E+13	3.85E+04
Sm-151	3.67E+14	2.57E+05
Eu-155	1.07E+15	7.52E+05
Np-237	2.90E+11	2.03E+02
Pu-238	3.60E+12	2.52E+03
Pu-239	1.79E+11	1.25E+02
Pu-240	3.03E+11	2.12E+02
Pu-241	1.16E+17	8.12E+07
Am-241	1.60E+12	1.12E+03
Am-242m	1.88E+13	1.32E+04
Am-243	3.60E+10	2.52E+01
Cm-243	2.80E+10	1.96E+01
Cm-244	5.27E+12	3.69E+03
合计	4.46E+17	

(2) 处置场一期一阶段处置活度

根据确定的废物源项特征，计算甘肃低放废物处置场一期一阶段 4 万 m³ 容量中核素组成与活度如下表 3.1-7 所示（废物包密度统一按 2000kg/m³ 估算）。由表可以看出，甘肃低放废物处置场一期一阶段 4 万 m³ 处置核素的活度为 1.37×10¹⁶Bq。

表 3.1-7 甘肃低放废物处置场一期一阶段接收废物核素活度组成

核素	合计 (Bq)
Cr-51	8.06E+12
Mn-54	3.49E+12
Fe-59	1.43E+11
Co-58	3.86E+12
Co-60	1.66E+14
Ni-63	2.99E+11
Sr-90	3.19E+15
Nb-95	9.17E+12
Zr-95	6.05E+12
Tc-99	8.83E+13
Ru-103	9.28E+11
Ag-110m	8.38E+11
Sb-124	3.42E+11
Sb-125	5.37E+13
Cs-134	3.12E+13
Cs-137	4.72E+15
Ce-144	1.37E+12
Pm-147	2.54E+12
Sm-151	1.70E+13
Eu-155	4.95E+13
Np-237	1.34E+10
Pu-238	1.66E+11
Pu-239	8.27E+09
Pu-240	1.40E+10
Pu-241	5.37E+15
Am-241	7.39E+10
Am-242m	8.69E+11
Am-243	1.66E+09
Cm-243	1.29E+09
Cm-244	2.44E+11
合计	1.37E+16

3.1.3 废物接收准则

3.1.3.1 基本要求

甘肃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

低放固体废物包中的放射性核素活度浓度应符合《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）中关于低水平放射性废物活度浓度限值要求。具体见表 1.7-1。

3.1.3.3 废物体形式要求

甘肃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。对退役或检修过程中产生的特殊废物（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

甘肃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

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，规划占地 958 亩，用于建设低放固体废物处置场、低放可燃废物焚烧站、固体废物超级压缩车间和极低放固体废物填埋场等设施。中核集团金塔环保产业园首期开展甘肃低水平固体废物集中处置场、极低放废物处置场和废物贮存库三个项

目的一期一阶段建设，建设内容包括：低放废物接收与贮存厂房（103子项）、低放废物处置区（104子项）、极低放固体废物处置区（105子项）、汽车衡（202-1子项）、生产用车库房（203-1子项）、应急柴油发电机房（204-1子项）、消防水池及泵房（206-1子项）、锅炉房（207-1子项）、综合办公楼（301-1子项）、厂区出入口（302-1子项、302-2子项），总占地面积 22272.18m²，建（构）筑总建筑面积 27515.70m²。金塔环保产业园一期一阶段建设项目见表 3.2-1。

甘肃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：低放固体废物处置区、生产用车车库、应急柴油发电机房、消防水池及泵房、锅炉房（电锅炉）、综合办公楼、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 金塔环保产业园一期一阶段主要建设项目一览表

序号	子项号	子项名称	占地面积 (m ²)	建筑面积 (m ²)	备注
1	103	低放废物接收及贮存厂房	6027.06	8147.52	/
2	104	低放固体废物处置区	9698	9698	本项目内容
3	105	极低放固体废物处置区*	3956	3956	/
4	202-1	汽车衡*	100	100	/
5	203-1	生产用车库房	851.76	851.76	本项目内容
6	204-1	应急柴油发电机房	60	60	本项目内容
7	206-1	消防水池及泵房	64	64	本项目内容
8	207-1	锅炉房	219.96	219.96	本项目内容
9	301-1	综合办公楼	937.26	4107.06	本项目内容
10	302	厂区货运出入口（302-1）	100	100	本项目内容
		厂区人员出入口（302-2）	258.14	211.40	本项目内容
合计			22272.18	27515.70	

注：103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；105子项和 202-1子项在极低放处置场进行建设，包括在极低放处置场环评内，计划 2021 年底前建成；其余子项属于本工程建设内容，在本次评价范围内。

3.2.2 总平面布置方案

中国核工业集团有限公司在甘肃省酒泉市核技术产业园区成立中核集团金塔环保产业园，中核集团金塔环保产业园区规划总平面图如下图 3.2-1 所示。



图 3.2-1 中核集团金塔环保产业园区总平面布置图

中核集团金塔环保产业园区东侧和北侧的控制区，分别布置了：低放固体废物接收、贮存及处理相关设施，规划废物贮存能力 4000m³；低放固体废物处置区，规划处置容量 100 万 m³；极低放固体废物处置区，规划处置容量 12 万 m³；低放可燃废物焚烧设施，一期规划处理能力 100 kg/h，预留 100 kg/h 安装空间；固体废物超级压实设施，规划处理能力 13000 桶/a。中核集团金塔环保产业园首期开展的一期一阶段建设包括：低放废物接收与贮存厂房（103 子

项)、低放固体废物处置区(104子项)、极低放固体废物处置区(105子项)、汽车衡(202-1子项)、生产用车库房(203-1子项)、厂区货运出入口(302-1子项)。

中核集团金塔环保产业园区西南角的非控制区,分别布置了:生产辅助设施、综合办公设施。中核集团金塔环保产业园首期开展的一期一阶段建设包括:综合办公楼(301-1子项)、应急柴油发电机房(204-1)、消防水池及泵房(206-1子项)、锅炉房(207-1子项,电锅炉)、厂区人员出入口(302-2子项)。

甘肃处置场场址位于中核金塔核技术产业园北侧,产业园现已为场址规划有区域地块及道路,一期场址用地面积约14.34公顷,场址周围较空旷,场址可利用土地非常充足。

场址对外交通运输道路规划建设主要进场道路与次要进场道路,从场址可通过规划线路、龙五路等相关道路连接至周边地区,同时在场区分别设置货运出入口与人员出入口,实现人、车分流。场址南侧规划有某项目铁路线路。产业园规划有新建道路长约1.1km,需向东建设连接现有道路。

场址场地平整后长约675m,宽约260m,可利用面积约17.55公顷,可满足处置场用地条件。处置区一期一阶段4万 m^3 容量处置单元规划与配套设施区集中建设在场址西南角并以此为固定端,后期处置单元朝北扩建。

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 m^3 ,填方6万 m^3 。

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。

3.2.3 出入口控制

中核集团金塔环保产业园区大门及围墙为厂区周界及出入口控制系统。园区大门包括货运出入口和厂区出入口。其中货运出入口为废物运输车辆进出口，厂区出入口为人员进出口。厂区围墙为厂区周界的铁艺围栏，高度为 2.5m。

3.3 处置场工程设计

3.3.1 处置场建设方案

3.3.1.1 处置场建设方案比选

甘肃低放废物处置场采用近地表处置，运用工程屏障与天然屏障相结合的方法，确保废物处置安全。近地表处置场的处置单元可以采用“全地下”、“半地下”、“全地上”三种形式建设。

参考现有资料，分析甘肃低放废物处置场场址的工程地质和水文地质条件，从处置单元受地下水、风化侵蚀的影响程度，以及处置单元的地基承载能力、施工难度和建设成本等方面进行对比，详见表 3.3-1。

表 3.3-1 处置单元建设方案对比表

影响因素 方案	地下水	地基承载力	处置单元受 风化侵蚀 程度	建设难 度	建设成本
	负挖深度 应小于 10m	地基承载力应大 于 425kPa	埋深越小， 受风化侵 蚀越大	基岩挖 方需要 爆破	埋深越大， 建设成本越 高
全地上	无威胁	地基为强风化黑 云母花岗闪长 岩，承载力为 400kPa，不满足 要求。	大	小	低
全地下 (负挖 11m)	可能有威 胁	地基为微风化黑 云母花岗闪长 岩，满足要求	小	大	高
半地下 (负挖 3m)	无威胁	地基为中(微) 风化黑云母花岗 闪长岩，满足要 求	较大	较小	较高

(1) “全地上”建设方案

采用“全地上”建设方案，基本不需要挖方，具有建设难度小、建设成本低、不受地下水威胁等优点，同时也存在地基承载力不足、易受风化侵蚀、覆盖工程量大、场址利用率低等缺点。

考虑到处置单元内码放、填充、封顶和覆盖等荷载，经估算处置单元地基承载力应达到 425kPa 以上。甘肃低放废物处置场场址地表为强风化黑云母花岗闪长岩，其地基承载力为 400kPa，若采用“全地上”建设方案，其地基承载力不满足要求。同时，由于当地气候干燥、风大，若采用“全地上”建设方案，处置单元受风蚀影响大。采用“全地上”建设方案，还存在覆盖层高、四周放坡面积大、覆盖工程量大和场址利用率低等缺点。此外，场区地表可能存在盐渍土，考虑到盐渍土的溶陷性和腐蚀性，本项目采用“全地上”建设方案也存在风险。

(2) “全地下”建设方案

采用“全地下”建设方案，具有覆盖工程量小、场址利用率高、受风化侵蚀影响小等优点。该方案需要负挖 11m 以上，由于场址位于基岩区，挖方过深则需要爆破，施工难度大、建设成本高。同时，附近同类型地下水（基岩裂隙水）水地质孔的最浅埋深为 12m 左右，“全地下”方案的处置单元有可能受到地下水的威胁，底板承载能力也有一定风险。

(3) “半地下”建设方案

“半地下”建设方案可以弥补以上两种方案的不足，其关键是选取合理的负挖深度。经综合考虑，确定负挖深度为 3m，该方案既可以满足地基承载力的要求、避免地下水和盐渍土的威胁，也可以使得挖方量适中、建设难度较小、建设成本较低。

综合考虑甘肃低放废物处置场的场址条件，本项目采用“半地下”的建设方案，运用工程屏障与天然屏障相结合的方法，可以确保废物处置安全，实行“半地下处置、远程控制、多桶码放”的工程技术方案，能够确保工作人员的辐照安全以及处置的效率。

3.3.1.2 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-3.00m，之后浇筑 1m 的钢筋混凝土底板，处置单元内的底部标高为-2.00m，侧墙顶标高为+8.00m。数控吊车的轨道布置在处置单元侧墙外的-2.00m 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从中间的 2 个处置单元向东西两侧进行处置，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+8.00 平面浇平。在水泥砂浆浇灌及养护过程中，吊车可开至另一侧处置单元处进行处置，避免吊车远距离来回往返，提高处置效率。

3.3.1.3 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。甘肃低放废物处置场拟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。

3.3.1.4 处置单元设计

甘肃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。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，设计使用寿命 100 年，建造时首先将地面负挖至-3.00，之后浇筑 1m 的钢筋混凝土底板，处置单元内的底部标高为-2.00，侧墙顶标高为+8.00。处置单元设计示意图如 3.3-1 所示。

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。处置单元的底厚 1000 mm，侧墙壁厚 500mm，处置单元的顶标高为+8.00。处置单元沿东西方向在侧壁上留 4m 宽的运输通道，处置区东西两侧修建 4m 宽的运输道路。南北两排处置单元的间距为 3m，铺设数控吊车轨道；东西方向每两个处置单元为一组，组间距离为 2m。

处置过程的排水，采用在每个处置单元内设置集水坑，单元内如有积水可用排水泵抽出。

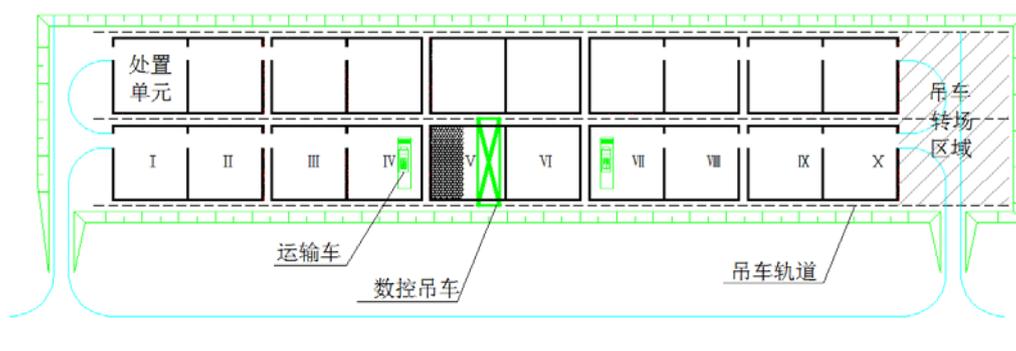


图 3.3-1 处置单元设计示意图

3.3.2 配套设施

3.3.2.1 废物接收与贮存厂房

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 6027m²，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。

3.3.2.2 其他配套设施

其他配套设施有：生产用车库房（203-1 子项）、应急柴油发电机房（204-1 子项）、消防水池及泵房（206-1 子项）、锅炉房（207-1 子项，用电）、综合办公楼（301-1 子项）、厂区出入口（302-1 子项、302-2 子项）等。

（1）生产用车库房（203-1 子项）

本车库为单层Ⅳ类汽车库，共 16 个大车停车位，1 个修车车位，1 个洗车车位，地上一层建筑，层高 8.3m，建筑物总长 108.6m，总宽度：18.6m，总建筑面积为 851.76m²，

（2）综合办公楼（301-1 子项）

本子项为多层公共建筑，包括职工食堂、办公楼、实验室、接待住宿等多项综合和功能。地上四层，地下局部一层，层高 15.45m，建筑物总长 55.8m，总宽度：22.5m，总建筑面积为 4107.06m²。

（3）锅炉房（207-1 子项）

本子项为单层建筑，主要采用电锅炉对本厂区提供供暖功能，建筑物总长 21.99m，总宽度 10m，总建筑面积：219.96m²，建筑总高 7.05m。

（4）人员出入口

本子项为为单层公共建筑，为厂区的主要人员出入口，建筑物总长 31.4m，总宽度 9.8m，总建筑面积：211.40m²。

3.3.3 设备选型

甘肃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。

甘肃低放废物处置场一期一阶段建设项目的工艺设备见表 3.3-2。

表 3.3-2 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	104 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	203 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 $\alpha \leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta \leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

3.4.2 处置工艺流程

废物的处置流程见图 3.4-1。

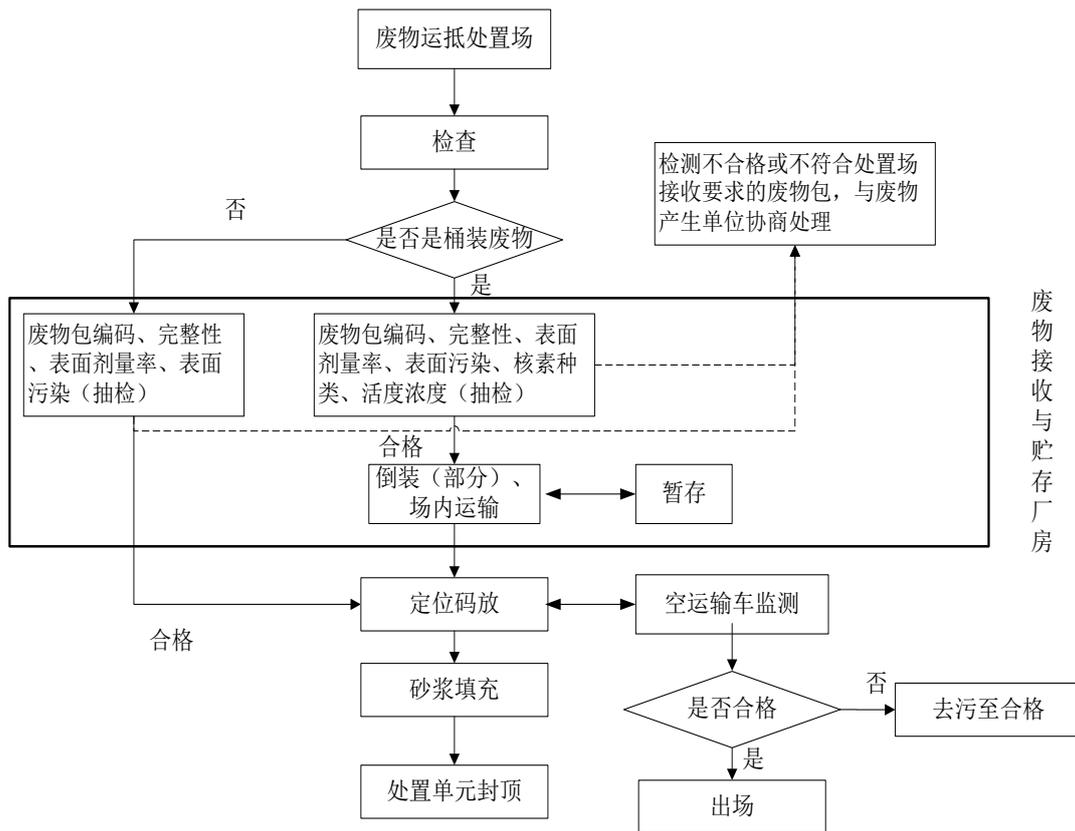


图 3.4-1 处置流程图

3.4.2.1 废物接收、登记

废物运到处置场后，按照废物接收准则，要进行以下项目的检查，不符合处置场接收标准的废物不予接收：

- (1) 废物处置申报表填写内容与废物包装体的一致性；
- (2) 废物包装的完整性；
- (3) 包装容器的表面剂量率；
- (4) 包装容器的沾污状况 ($\alpha \leq 0.4 \text{Bq/cm}^2$, $\beta \leq 4 \text{Bq/cm}^2$)；
- (5) 核素种类、核素活度浓度。

废物检查主要步骤包括：

- (1) 送处单位按送处方案和计划将废物运送到甘肃处置场；
- (2) 核对“废物包技术特性表”和“废物包运输单”，检查废物产生单位是否正确及送处单位应填写的内容是否完整；
- (3) 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；
- (4) 使用便携式 γ 测量仪检测废物桶的辐射水平；

(5) 当使用便携式 α 、 β 表面污染测量仪对废物包表面采用擦拭法（其擦拭面积为 300cm^2 ）对非固定污染进行检测时，应满足： $\alpha \leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta \leq 4\text{Bq/cm}^2$ ；

(6) 合格的废物包由运输车运往处置场指定的处置单元内，运输人员将废物包运输单交废物包定位指挥人员，不合格的废物包直接运回生产单位，或与废物产生单位协商处理，并报公司总部（外照剂量、表面污染、废物包变形、破损、数量等情况的描述）；

(7) 对于经现场检查、检测不满足接收要求的废物货包，处置场运营单位与废物产生单位协商，返回送处单位；

(8) 完成现场交接并填写现场“交接单”。

经过检查，符合废物接收准则的废物进行接收、登记。对于 200L 标准桶及 400L 标准桶废物送往低放废物接收与贮存厂房进行倒装转运或倒装贮存；FA-IV 钢箱废物可直接送往处置单元处置或送往低放废物接收与贮存厂房内贮存；对于异型废物可直接送往处置单元处置。

3.4.2.2 废物包码放方案

甘肃处置场一期一阶段工程实行“多桶抓取、远程控制、地上作业、半地下处置”的工程技术方案，确保工作人员的辐照安全以及处置的效率。

“多桶抓取”主要针对 200L 和 400L 废物桶而言（图 3.4-2~图 3.4-4），本工程采用立式四桶抓取码放方式。该方式要求被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。此要求可以依靠统一规格的废物桶转运架来实现。对于近距离送处废物，可由处置场预先准备转运架，废物产生单位按照四桶抓具要求进行码放，然后运至处置场由吊车四桶抓取码放，立式码放在处置单元内。对于远距离的送处废物包以及零星送处的废物包，暂按目前的废物运输包装形式进行运输，废物包运至甘肃处置场后，在低放废物接收与贮存厂房进行单废物桶的倒装作业，将其码放在转运架内，使其符合四桶抓具的抓取要求，然后送处置单元进行处置

码放操作。处置单元区设置 1 台 20t 数控龙门吊车。废物运输车开至起吊区处，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，然后再接着码放，最终与 8m 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。

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。

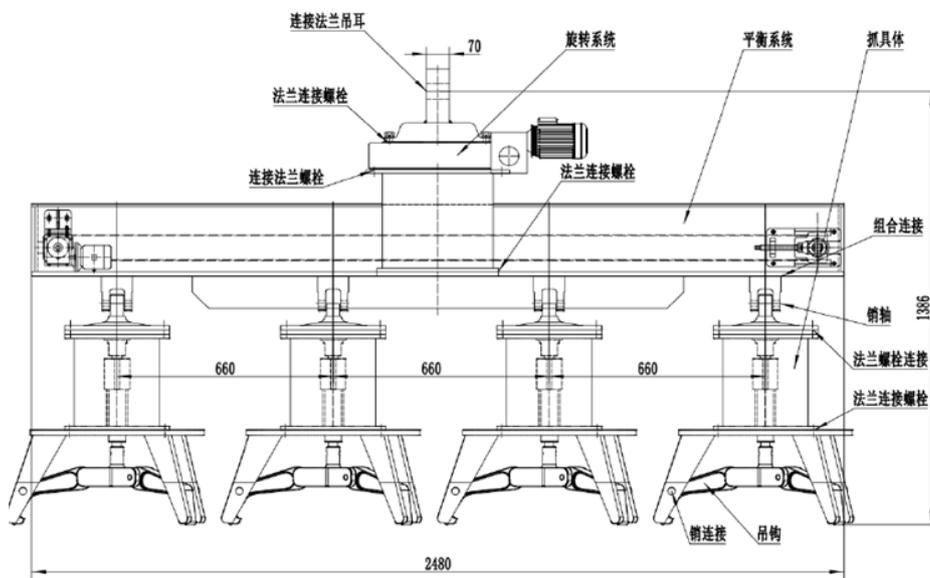


图 3.4-2 200L 四桶吊具图

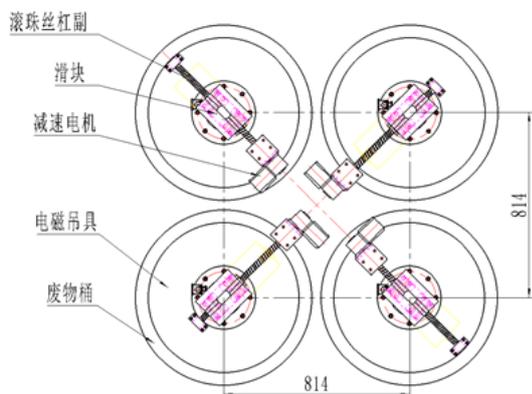


图 3.4-3 四桶电磁吊具抓取状态

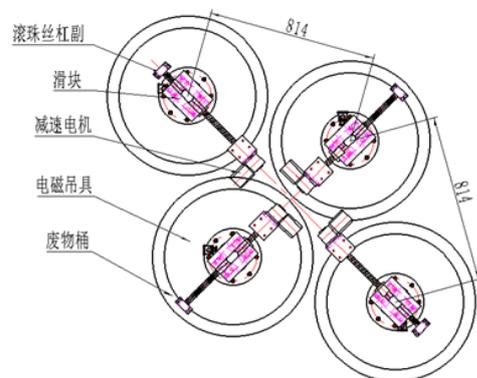


图 3.4-4 四桶电磁吊具变换后状态

3.4.2.3 处置单元封顶方案

处置单元的封顶作业需在一个处置单元填满并浇筑完最上层水泥砂浆至处置单元顶部（标高 8m），完成养护后进行。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。处置单元的封顶盖板施工方法为：人工绑钢筋并现浇混凝土顶板。处置单元的侧墙顶部在建造时预留了钢筋接头，封顶盖板的钢筋与处置单元四边侧墙的钢筋接头相连，然后进行混凝土填充。

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。

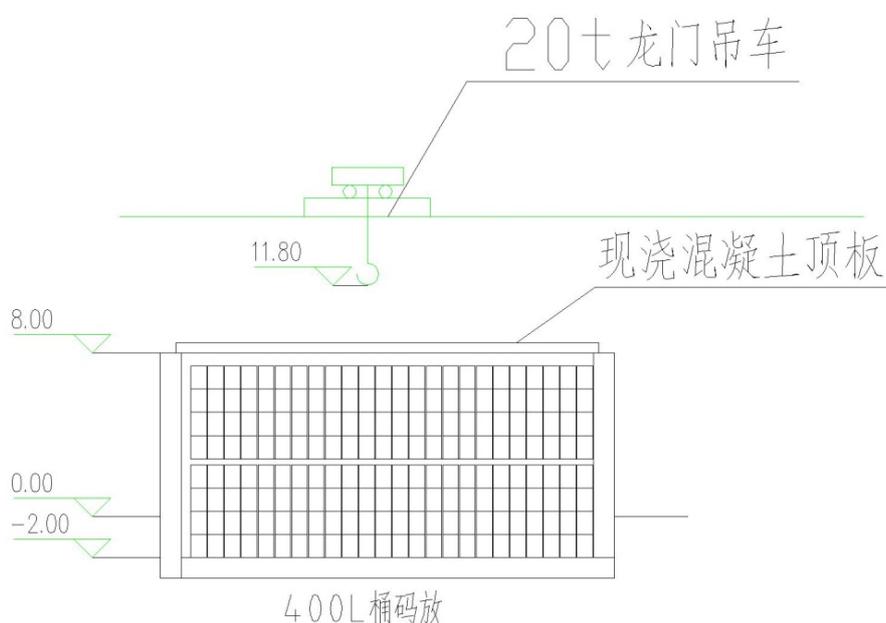


图 3.4-5 处置单元封顶作业后剖面示意图

3.4.2.5 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	

3.4.2.5 处置单元防雨和排水方案

(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。为保证单个处置单元的隔断间积水能够排出，300mm 厚隔墙底部中心开 100mm×100mm 的洞，处置单元内的积水会沿着隔墙底部开洞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。留洞封堵在运行阶段考虑。

(2) 对于已部分装填但未封顶的处置单元

废物桶/箱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将处置单元内的雨水抽走。

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 m³/d·人计，本工程的施工人员约 150 人，则生活污水的产生量约为 9m³/d，主要污染因子为 COD、SS、NH₃-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。

一期一阶段 20 个处置单元土石方挖方量为 3.2 万 m³，土石方临时堆放在中核集团金塔环保产业园区南侧的预留场地，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

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

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，合格时排入生产生活污水管道；不合格时，收集后就地进行水泥固化处理，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。

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 25m³/d，全部收集经化粪池处理后排入地埋式一体化生活污水处理设备（处理能力 1.5m³/h），经检测合格后排入将于园区下水管网。

(2) 废气

低放废物处置场不产生工艺废气。废物包装容器在正常情况下不会有放射性物质泄漏到环境空气中。

(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 桶中在极低放处置场的单元内处理。

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

本项目涉及辐射工作的区域主要包括：低放废物处置单元、低放废物接收与贮存厂房、生产用车库房等。

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 3.6-1 所示。

表 3.6-1 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	≤ 250
时间限制	不限	40 小时/周	视维修情况控制 工作时间	平时禁入，特殊情况 下经去污后短时间 逗留

*由非本区内的源造成的辐射剂量率，例如在设备检修时，设备室屏蔽的厚度应保证由于其它设备室照射造成的辐射剂量水平不应超过该控制值。

低放废物处置单元、低放废物接收与贮存厂房、生产用车库房等均为控制区。低放废物处置单元区接收废物时，按红区管理。

当控制区暂时存放接受的放射性桶装废物时，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防护措施，以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。

(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。

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报警仪，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。

在卫生出入口设置功能完善的卫生通道。卫生通道男女分开，各设置一台全身污染监测仪和两台便携式 α 、 β 表面污染测量仪，用于检测人员身体表面是否受到污染。若工作人员身体表面受到污染，需进行去污，去污完毕后重新测量，直到测量合格后才能离开。

(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

清原公司作为甘肃处置场项目的建设运行单位，将根据我国核设施应急法律、法规、标准要求及处置场运行特征，制定甘肃处置场应急预案，用于预防因自然灾害事故和人为因素引起的突发性危害，以保证紧急情况发生时能得到及时处理，控制事故发展，最大限度的减少人员伤亡和财产损失，保证处置场安全。

3.7.1 应急组织体系

甘肃处置场应急准备与相应实行三级管理，第一级管理由清原公司承担，第二级管理由处置工程部承担，第三级管理由现场应急组承担，甘肃处置场应急组织机构如图 3.7-1 所示。

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，在未达到处置场前，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：

一负责制定、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；

一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；

一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；

一向各部门、应急专业组和专家咨询组传达应急指挥部指令；

一落实应急指挥部指示，做好应急活动记录和相关资料整理；

一负责日常应急值班工作；

一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；

一公司安排的其它应急相关工作。

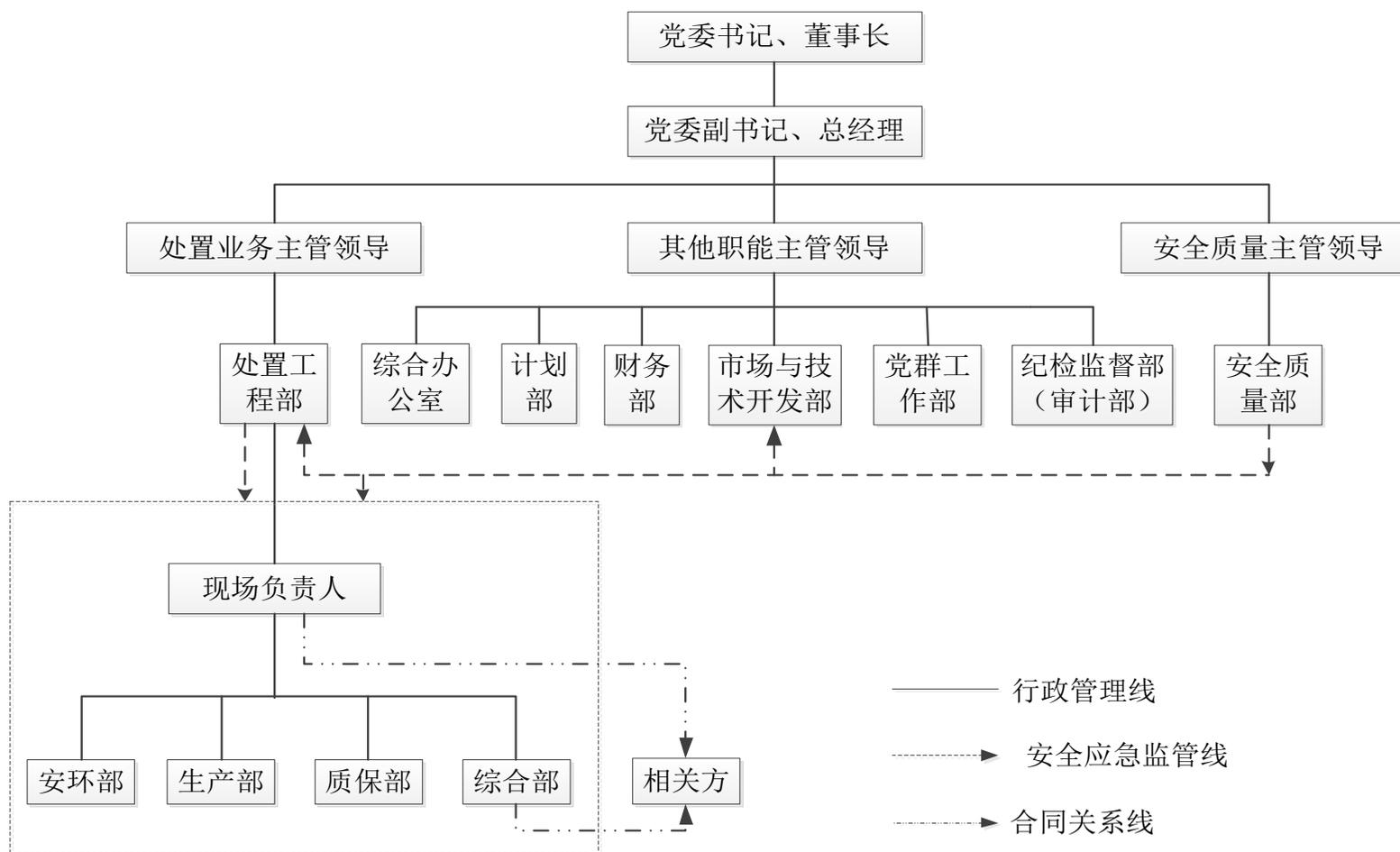


图 3.7-1 甘肃处置场应急组织机构图

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 应急程序

3.7.3.1 应急响应行动

事故初期，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。

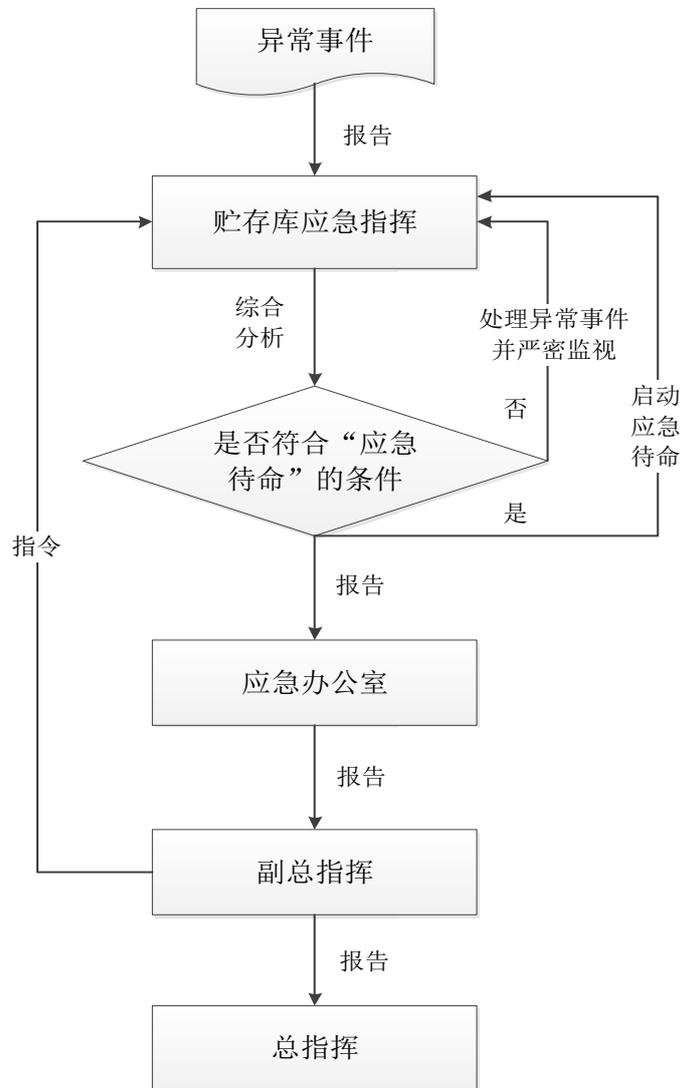


图 3.7-2 应急待命时的启动过程

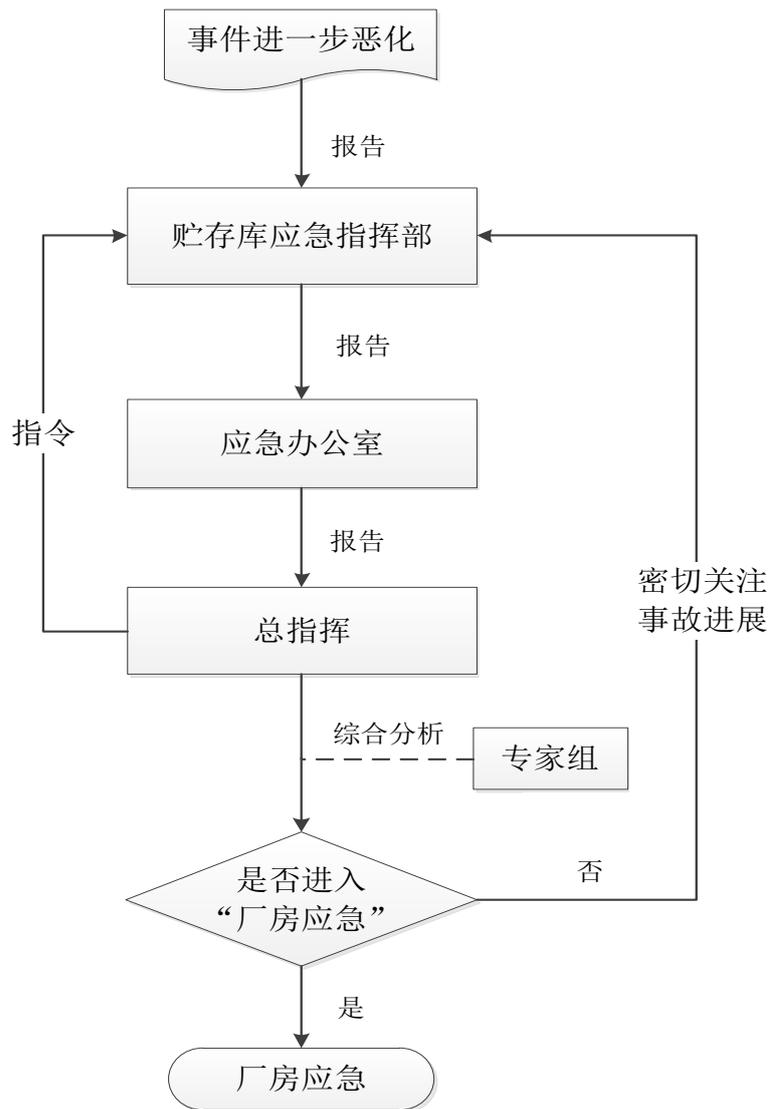


图 3.7-3 厂房应急时的启动过程

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、标准要求制定甘肃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

3.9.1 关闭的条件

处置场达到运行许可证允许处置的废物数量，或所处置的废物中放射性总量已经达到申请处置总量时，处置场关闭。

处置场关闭之前，运营单位需向国家核安全主管部门提交设施关闭许可证的申请报告。一旦申请报告获得批准，运营单位即可按计划组织实施处置场的关闭活动。

3.9.2 关闭方案

待处置场规划的所有单元处置完成后，开展处置场关闭，对全场整体覆盖。处置单元的覆盖层设计厚度要达到 5m 以上，其中自上而下分为：核素阻滞及回填层、下导水层、挡水层、上导水层、生物侵入屏障层、稳定层和植被层，各层的回填材料和厚度均有一定要求，覆盖层边缘 1:2 放坡。覆盖层示意图如图 3.9-1 所示。

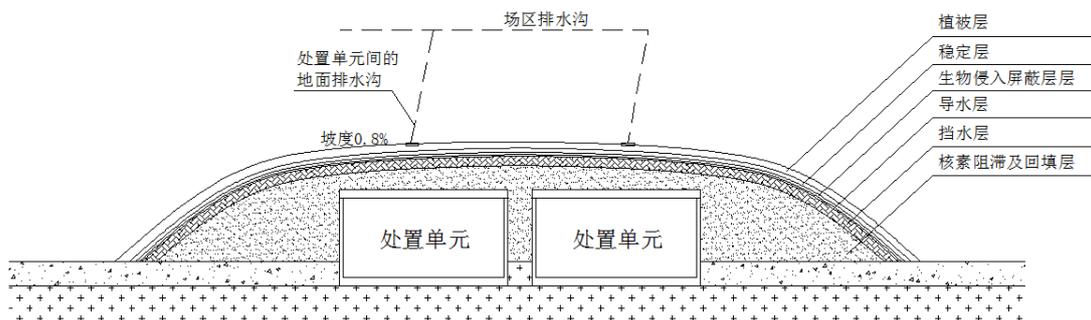


图 3.9-1 覆盖层示意图

处置区边界设有围墙，围墙与处置单元之间留有一定距离的缓冲区。缓冲区是处置单元与外界环境的隔离带，缓冲区范围内设有地下水监测井、空气取样点及永久性标志。

3.9.3 关闭后的场区控制

处置场关闭后，对处置区仍要进行必要的控制，根据 GB9132-2018 的要求，控制期一般需要 300~500 年，控制期分为主动有组织的控制期和被动有组织控制期。根据本报告第六章中对处置场关闭后意外闯入事故的后果分析，本处置场的主动有组织控制期不应少于 300 年。

在主动有组织控制期内，运营单位要做的工作主要有：

(1) 对处置区进行封闭管理，限值无关人员进入处置场。禁止在场区进行挖掘、钻探、打井饮水、建房居住等活动。

(2) 对处置区覆盖层和地面进行维护，保持截排洪沟的畅通。对场区围墙进行维护和修复，确保处置场与外界隔离。

(3) 对处置区及周围环境继续进行监测，包括对大气、地表水、地下水、动物、植物等的监测，重点是地下水和水质监测。通过监测进一步评估与预测处置场的长期影响是否符合国家规定。

(4) 保管好处置场的所有资料、文件，如运行前的选址报告、处置场的设计文件及图纸、安全分析和环境影响评价报告、处置场操作规程、废物清单、处置单元及其中废物的位置记录、处置场关闭记录、控制期管理计划、检查和维修活动记录以及所有监测记录等。

(5) 在此期间可能还要进行一些研究工作，以便为主动有组织的控制期结束前的安全评价补充资料。

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。

本工程在中核集团金塔环保产业园内，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，清原公司正开展本底调查的相关委托工作，承诺在工程运行前完成本工程的辐射环境本底调查。

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、土壤、地下水（生地湾）、气溶胶和生物样(骆驼草)中的核素浓度进行分析，分析的核素为总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 、U、 ^3H 等。

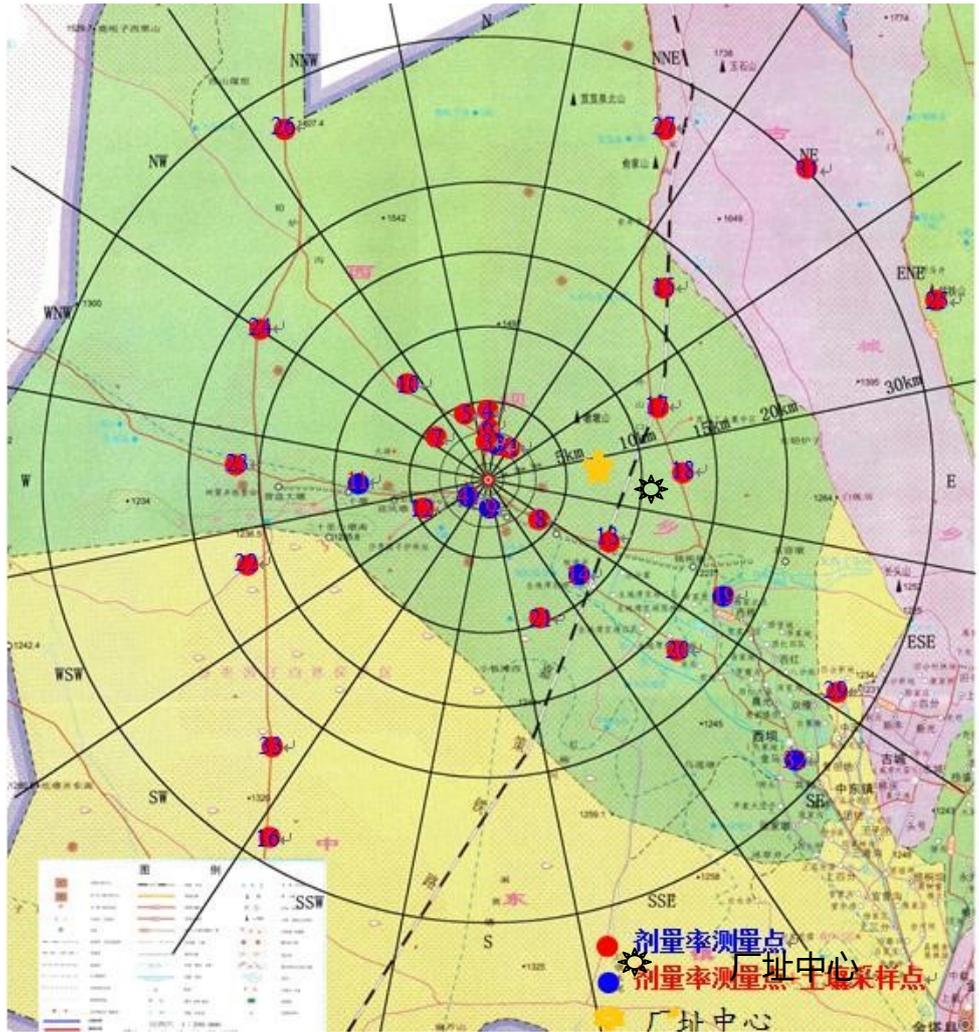


图 4.1-1 处理厂半径 30km 范围内剂量率测量点位和土壤采样点

(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。

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 选址安全原则与目标

甘肃低放废物处置场选址采用的总体原则为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，满足对工作人员及公众的辐射防护安全要求。在选址过程中通过对候选场址间地震、地质构造、工程地质、水文地质、气象条件、社会经济、生态环境等条件的调查与综合比选，确定了金塔场址为推荐场址，并通过可行性研究阶段的岩土工程勘察和水文地质调查工作，对场址的工程地质和水文地质条件进行了进一步的查明。

调查结果表明，金塔场址整体气候干旱少雨、蒸发量大，场址工程地质条件相对稳定，地下水以基岩裂隙水为主，地下水水量贫乏无统一地下水位，场址周边附近范围人口稀少，整体场址条件有利于隔离废物并限制放射性核素的迁移，可维持处置系统稳定并为处置废物提供充足的空间，降低外部事件和人为闯入的干扰风险。

5.1.2 纵深防御与坚稳性

甘肃低放废物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。其中废物体为稳定的水泥固化、固定体废物，并进行了合格整备，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钢桶、钢箱形式，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。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，并提高抵抗外部降雨、风化剥

蚀等干扰的能力，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

处置被动安全的原则为处置场的设计、建造、运行和关闭将尽可能的以被动措施保证安全，并将关闭后需要进行的主动维护减至最少。在甘肃处置场选址、设计中同样将被动安全纳入其中，包括通过确定选址准则，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，通过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。通过以上被动安全手段，可以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。考虑甘肃低放废物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，结合甘肃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:

一放射性气体释放景象。甘肃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。

一废物包坠落景象。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。

一火灾景象。甘肃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, 但考虑一旦发生火灾事故, 有可能造成放射性核素随烟气的释散。

一废物包倾倒景象。甘肃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。

一直接照射景象。甘肃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。

一放射性液体释放景象。甘肃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《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场场址安全分析报告》(2020.7)，正常运行期间，公作人员受到的最大个人有效剂量为 4.5mSv/a，关键岗位为水泥砂浆充填操作岗位，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，处置场不产生工艺废气，且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

甘肃低放废物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

甘肃处置场位于中核金塔环保产业园内，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，产业园规划中还包括有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。目前金塔产业园已完成了详细的顶层设计规划，在产业园建设运行中将对园区内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，可以将产业园内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，不会对甘肃处置场的建设运行造成不利影响。甘肃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

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

(3) 固体废物

严格遵守《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，采取有效措施防止或减少建筑垃圾及工程渣土等固体废物对环境的污染，并采取防扬散、防流失、防渗漏或者其它防止污染环境的措施，工程结束后，应及时清理。施工人员产生的生活垃圾应分类袋装、集中放置，收集后送垃圾场处置处理。剩余土石方堆放在中核集团金塔环保产业园区南侧的预留场地，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。

根据《甘肃低水平放射性固体废物集中处置场场址安全分析报告》(2020,7)，保守假定距离边界最近的单元全部堆满 30mSv/h 废物，距离处置场 100m 处的天空反散射剂量率水平为 $2.1\mu\text{Sv/h}$ 。距离厂址 1km 的剂量率水平约 $1.12 \times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$ ，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，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： $1.12 \times 10^{-3}\mu\text{Sv/h} \times 250 \times 8\text{h} \times 1/10 = 2.24 \times 10^{-7}\text{Sv/a}$ ，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 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）与生活污水一起进入一体化地埋污水处理装置处理。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，送拟建的极低放填埋场处置。

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，排水量约 $25\text{m}^3/\text{d}$ ，全部收集经化粪池处理后排入地埋式一体化生活污水处理设备（处理能力 $1.5\text{m}^3/\text{h}$ ），经检测合格后排入园区下水管网。

（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、废物桶坠落事故和火灾事故。

(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），本节首先对一期一阶段 4 万 m³ 处置容量进行计算，然后计算规划容量为 100 万 m³ 时的环境影响。本节首先分析关闭后正常情况下通过地下水途径的核素迁移及其影响，然后分析人为意外闯入事故的后果。

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。甘肃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。甘肃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。甘肃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。

—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，甘肃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 甘肃处置场运行、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 m^3 ，其中一期一阶段处置容量为 4 万 m^3 。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-3.00，之后浇筑 1m 的钢筋混凝土底板，处置单元内的底部标高为-2.00，侧墙顶标高为+8.00。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 2.1.5 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。

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} 。

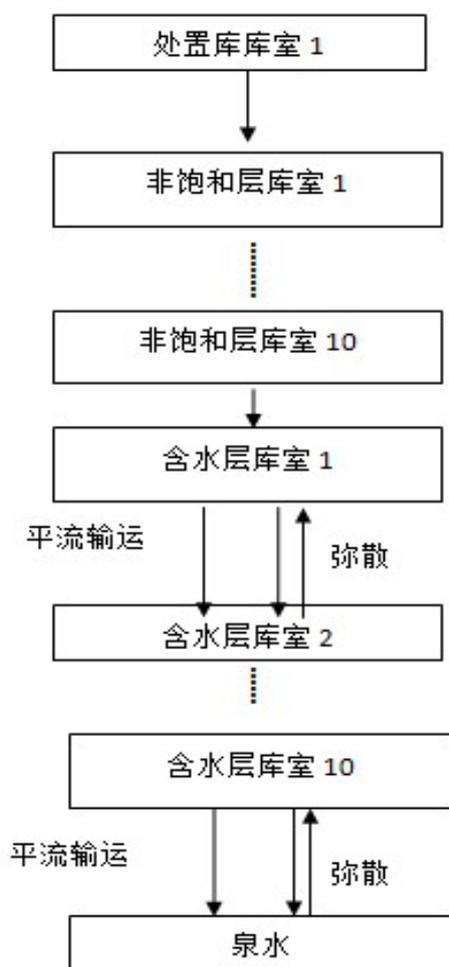


图 6.3-1 核素随地下水在地质中的迁移途径概化模型

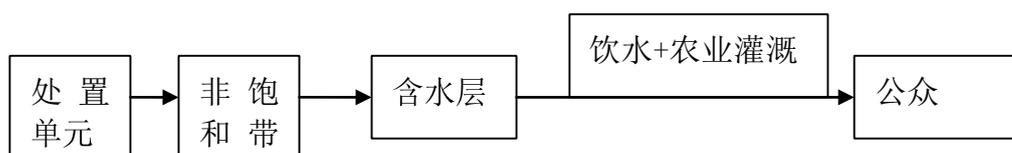


图 6.3-2 核素迁移及照射途径

6.3.2.3 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_{inf} , a^{-1}) 由下面的方程给出:

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

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/m^3 ; q 为地下水的达

西流速，m/a； θ_w 是含水层的有效孔隙度， q/θ_w 即为地下水的实际流速，m/a； D_x 为纵向弥散系数， m^2/a ， $D_x = a_x q/\theta_w$ ，其中， a_x 为纵向弥散度，m； λ_T 为核素的衰变常数， a^{-1} 。

Ecolego 软件计算核素在含水层中迁移时，考虑了地下水流的平流输运和弥散，对于平流输运，可以用平流输运的迁移比率 $\lambda_{A,ij}$ 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

本处置场规划处置废物的量为 100 万 m^3 ，一期一阶段处置的废物量为 4 万 m^3 。根据 3.1.2 节源项调查资料，本工程主要放射性核素涉及 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、Cs-134、Cs-137、Ce-144、Pm-147、Sm-151、Eu-155、Np-237、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241、Am-241、Am-242m、Am-243、Cm-243、Cm-244，其中，规划的 100 万 m^3 的废物源项见表 3.1-8，一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 30 种，核素的半衰期从最短的 27.7d (Cr-51) 到最长的 2.14E+06a (Np-237)，根据西北地区废物处置经验，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；同时，对于长寿命核素考虑其衰变子体，本次计算一期一阶段废物源项见表 6.3-2。

表 6.3-2 甘肃低放废物处置场总体规划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 (Bq)	规划 100 万 m ³ 处置场废物源项 (Bq)
Ni-63	2.99E+11	6.47E+12
Sr-90	3.19E+15	6.90E+16
Tc-99	8.83E+13	1.91E+15
Cs-137	4.72E+15	1.02E+17
Sm-151	1.70E+13	3.67E+14
Np-237	1.34E+10	2.90E+11
Pu-238	1.66E+11	3.60E+12
Pu-239	8.27E+09	1.79E+11
Pu-240	1.40E+10	3.03E+11
Pu-241	5.37E+15	1.16E+17
Am-241	7.39E+10	1.60E+12
Am-242m	8.69E+11	1.88E+13
Am-243	1.66E+09	3.60E+10
Cm-243	1.29E+09	2.80E+10
Cm-244	2.44E+11	5.27E+12

²⁴⁴Cm→²⁴⁰Pu→²³⁶U→²³²Th→²²⁸Ra→²²⁸Th
²⁴³Cm→²⁴³Am→²³⁹Pu→²³⁵U→²³¹Pa→²²⁷Ac
²⁴¹Pu→²⁴¹Am→²³⁷Np→²³³Pa→²³³U→²²⁹Th
^{242m}Am→²³⁸Pu→²³⁴U→²²⁶Ra→²¹⁰Pb→²¹⁰Po
^{242m}Am→²³⁸U→²³⁴U→²²⁶Ra→²¹⁰Pb→²¹⁰Po

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 60.3mm，年蒸发量达到 2538mm，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 6mm/a 是保守的。

(2) 水文参数

计算过程中涉及的水文参数见表 6.3-3。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-3.00m，之后浇筑 1m 的钢筋混凝土底板，处置单元内的底部标高为-2.00m，因此，地下水距离处置单元底板最近约 7.38m，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

处置单元中的分配系数、非饱和带中的分配系数以及含水层中各核素的分配系数取自 IAEA-TECDOC-1380，见表 6.3-4。

表 6.3-4 不同介质中元素的 Kd 值 (m³/kg)

核素	处置单元	非饱和带	含水层
Cs	1.0E-3	3.0E-1	3.0E-1
Sr	5.0E-3	1.5E-2	1.5E-2
Ni	1.0E-1	4.0E-1	4.0E-1
Tc	2.0E+0	1.0E-4	1.0E-4
Pu	2.0E+0	3.4E-1	3.4E-1
Sm	2.0E+0	1.1E+0	1.1E+0
Np	5.0E+0	3.4E-1	3.4E-1
Am	2.0E+0	3.4E-1	3.4E-1
U	2.0E+0	5.6E-1	5.6E-1
Pa	2.0E+0	3.4E-1	3.4E-1
Ac	2.0E+0	3.4E-1	3.4E-1
Th	2.0E+0	3.0E+0	3.0E+0
Ra	2.0E-1	5.0E-1	5.0E-1
Pb	2.0E+0	3.0E-1	3.0E-1
Po	2.0E+0	1.5E-1	1.5E-1
Cm	2.0E+0	3.4E-1	3.4E-1

注：参数取自 IAEA-TECDOC-1380 报告。

(4) 库室划分及库室参数

由于 Ecolego 软件采用的是库室模型进行核素的迁移计算，因此，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元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。

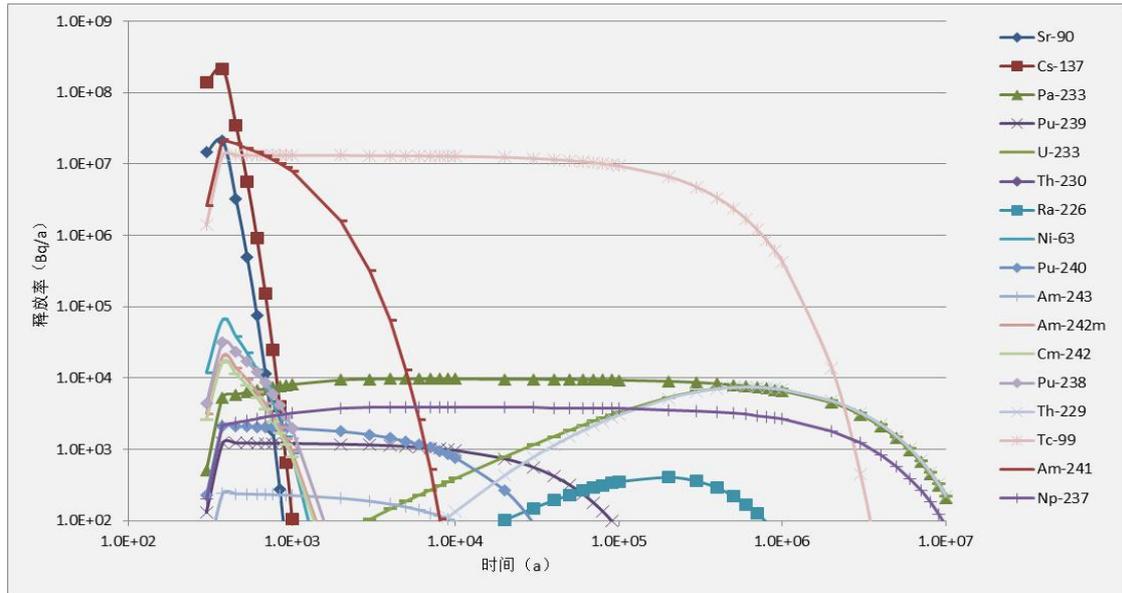


图 6.3-4 核素从处置单元底部释放率与时间的关系（一阶段）

(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。

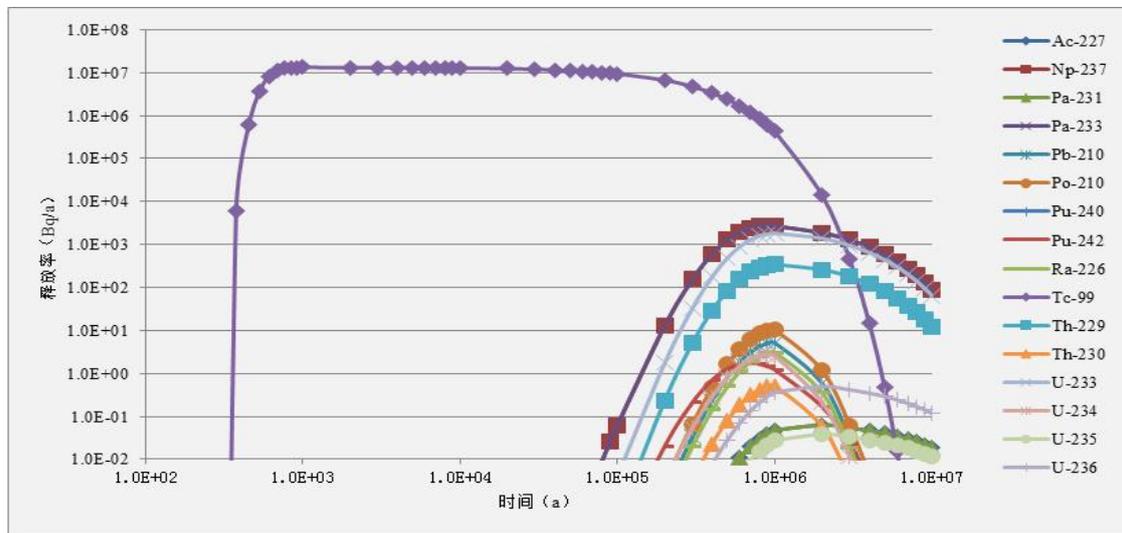


图 6.3-5 核素从非饱和带的释放率与时间的关系（一阶段）

(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 $600m$ 。

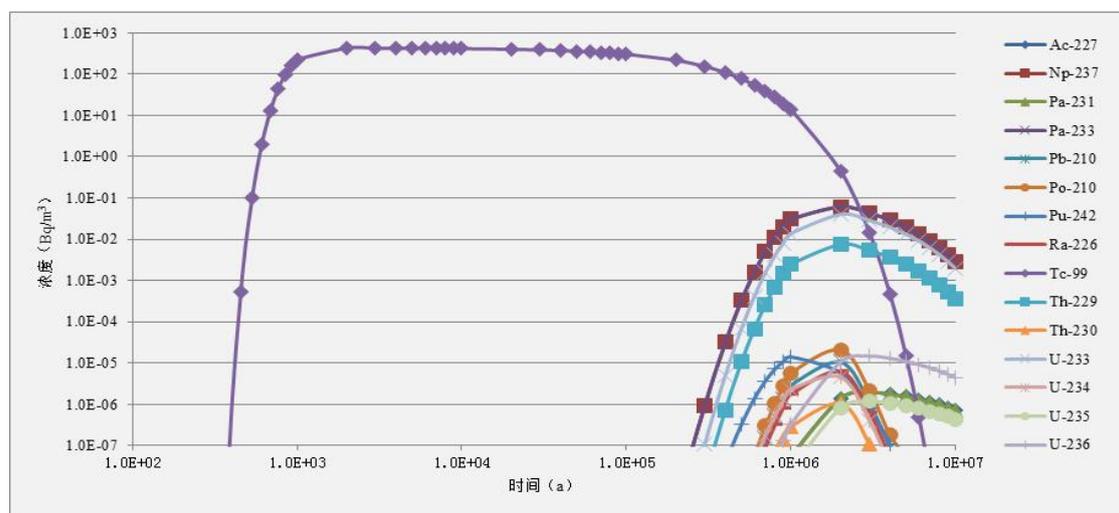


图 6.3-6 井水中核素浓度与时间的关系

表 6.3-8 核素从处置单元底部释放的峰值及其出现时间（一期一阶段）

核素	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Cm-243	Am-243	Pu-239	U-235	Pa-231	Ac-227
最大释放率 (Bq/a)	1.31E9	1.38E8	1.12E5	1.32E7	1.52E01	2.42E2	1.23E3	4.37E-2	4.29E-2	1.90E-1
最大值时间 (a)	300	300	300	300	300	300	300	1.84E5	2.91E5	2.91E5
核素	Cm-244	Pu-240	U-236	Th-232	Ra-228	Th-228	Am-242m	U-238	U-234	Ra-226
最大释放率 (Bq/a)	3.73E-1	2.13E3	6.09E-1	6.79E-5	6.79E-4	6.79E-5	2.98E4	5.31E-4	7.05E1	4.07E2
最大值时间 (a)	300	300	5.95E4	6.06E6	6.06E6	6.06E6	300	1.42E6	1.67E3	1.81E5
核素	Pb-210	Po-210	Pu-241	Am-241	Np-237	Pa-233	U-233	Th-229	Pu-238	Sm-151
最大释放率 (Bq/a)	4.07E1	4.07E1	4.04E2	1.71E7	3.88E3	9.69E3	7.47E3	7.45E3	4.11E4	7.26E6
最大值时间 (a)	1.81E5	1.81E5	300	300	5.08E3	5.08E3	5.99E5	6.10E5	300	300

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（一期一阶段）

核素	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Cm-243	Am-243	Pu-239	U-235	Pa-231	Ac-227
最大释放率 (Bq/a)	/	/	/	1.31E7	/	/	1.61E-2	3.91E-2	6.53E-2	6.53E-2
最大值时间 (a)	/	/	/	1.05E3	/	/	2.26E5	1.59E6	1.59E6	1.59E6
核素	Cm-244	Pu-240	U-236	Th-232	Ra-228	Th-228	Am-242m	U-238	U-234	Ra-226
最大释放率 (Bq/a)	/	/	5.18E-1	7.18E-5	4.31E-4	7.18E-5	/	5.54E-4	2.69	3.08
最大值时间 (a)	/	/	1.59E6	1.0E7	1.0E7	1.0E7	/	2.03E6	8.94E5	9.89E5
核素	Pb-210	Po-210	Pu-241	Am-241	Np-237	Pa-233	U-233	Th-229	Pu-238	Sm-151
最大释放率 (Bq/a)	5.14	1.03E1	/	/	2.71E3	2.71E3	1.84E3	3.44E2	/	/
最大值时间 (a)	9.89E5	9.89E5	/	/	9.15E5	9.15E5	1.07E6	1.09E6	/	/

注：值小于 1E-5 不再计算

表 6.3-10 泉水中核素浓度峰值及其出现时间（一期一阶段）

核素	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Cm-243	Am-243	Pu-239	U-235	Pa-231	Ac-227
最大核素浓度 (Bq/m ³)	/	/	/	4.27E2	/	/	/	1.17E-6	1.93E-6	1.93E-6
最大值时间 (a)	/	/	/	2.23E3	/	/	/	3.00E6	2.91E6	2.91E6
核素	Cm-244	Pu-240	U-236	Th-232	Ra-228	Th-228	Am-242m	U-238	U-234	Ra-226
最大核素浓度 (Bq/m ³)	/	/	1.48E-5	/	/	/	/	1.74E-8	7.38E-6	8.60E-6
最大值时间 (a)	/	/	2.91E6	/	/	/	/	3.17E6	1.52E6	1.65E6
核素	Pb-210	Po-210	Pu-241	Am-241	Np-237	Pa-233	U-233	Th-229	Pu-238	Sm-151
最大核素浓度 (Bq/m ³)	1.43E-5	2.86E-5	/	/	3.18E-02	3.18E-02	2.02E-02	3.77E-03	/	/
最大值时间 (a)	1.65E6	1.65E6	/	/	1.65E6	1.65E6	1.79E6	1.79E6	/	/

注：值小于 1E-10 不再计算

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/m²，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/m³； I 是生长季节的平均灌溉率，m³/(m²a)； 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 $1 \times 10^{-2} \text{a}^{-1}$ 。

(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： $D_{W,P}$ 为饮用井水所致个人剂量，Sv/a； Q 为饮用水量，成人取^[9]0.73m³/a； C_i 为井水中核素 i 的浓度，Bq/m³； g_g 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 ⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 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 ⁹⁹Tc、²³⁵U、²³¹Pa、²²⁷Ac、²³⁶U、²³⁴U、²²⁶Ra、²¹⁰Pb、²¹⁰Po、²³⁷Np、²³³Pa、²³³U、²²⁹Th。

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	Tc	U	Pa	Ac	Ra
B_v	10	1E-4	4E-2	1E-3	4E-2
元素	Pb	Po	Np	Th	
B_v	1E-2	2E-4	3E-4	5E-4	

*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	Tc	U	Pa	Ac	Ra
B_v	10	1E-3	4E-2	1E-3	4E-2
元素	Pb	Po	Np	Th	
B_v	1E-2	2E-4	1E-2	5E-4	

*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	Tc	U	Pa	Ac	Ra
B_v	10	1E-3	4E-2	1E-3	4E-2
元素	Pb	Po	Np	Th	
B_v	1E-2	2E-4	5E-3	5E-4	

*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	Tc	U	Pa	Ac	Ra
F_A	1.0E-4	3.0E-4	5.0E-5	1.6E-4	9.0E-4
元素	Pb	Po	Np	Th	
F_A	4.0E-4	5.0E-3	1.0E-3	2.7E-3	

*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	Tc	U	Pa	Ac	Ra
F_M	2.3E-5	4.0E-4	5.0E-6	4.0E-7	1.3E-3
元素	Pb	Po	Np	Th	
F_M	3.0E-4	3.4E-4	5.0E-6	5.0E-6	

*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 (m^3 (m^2a)⁻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》

6.3-20 核素的食入剂量率转换因子 (Sv/Bq)

核素	Tc-99	U-235	Pa-231	Ac-227	U-236	U-238	U-234
食入剂量转换因子	6.4E-10	4.7E-08	7.1E-07	1.1E-06	4.7E-08	4.5E-08	4.9E-08
核素	Ra-226	Pb-210	Po-210	Np-237	Pa-233	Th-229	U-233
食入剂量转换因子	2.8E-07	6.9E-07	1.2E-06	1.1E-07	8.7E-10	4.9E-07	5.1E-8

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 6.3-23，各核素所致个人最大剂量其出现时间见表 6.3-24 和图 6.3-7，公众所受总剂量最大值及随时间变化见表 6.3-25 和图 6.3-8。

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 2.23×10^3 年左右达到第一个峰值，剂量为 $4.36 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，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 100%；随后逐渐减少， 9.88×10^5 年左右达到低谷，然后逐渐增大，在 1.63×10^6 年左右达到第二个剂量峰值，剂量为 $1.17 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，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 Th-229，对公众剂量贡献占比约 54.1%。

由上述可知，本处置场对公众造成影响最大的核素为 Tc-99，一期一阶段（4 万 m³）处置的废物中 Tc-99 的量为 8.83×10^{13} Bq，整个处置场规划的处置容量为 100 万 m³，其中 Tc-99 的量为 1.91×10^{15} Bq，一期一阶段公众最大个人有效剂量为 4.36×10^{-7} Sv/a，则规划容量（100 万 m³）对公众造成的剂量为 9.43×10^{-6} Sv/a，小于本工程提出的正给处置场剂量约束值为 0.2mSv/a 的要求。

表 6.3-22 饮水途径各核素所致个人最大剂量其出现时间（一期一阶段）

核素	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Cm-243	Am-243	Pu-239	U-235	Pa-231	Ac-227
最大剂量 (Sv/a)	/	/	/	1.99E-07	/	/	/	4.01E-14	1.00E-12	1.55E-12
最大值时间 (a)	/	/	/	2.23E3	/	/	/	3.00E6	2.91E6	2.91E6
核素	Cm-244	Pu-240	U-236	Th-232	Ra-228	Th-228	Am-242m	U-238	U-234	Ra-226
最大剂量 (Sv/a)	/	/	5.08E-13	/	/	/	/	/	2.64E-13	1.76E-12
最大值时间 (a)	/	/	2.91E6	/	/	/	/	/	1.52E6	1.65E6
核素	Pb-210	Po-210	Pu-241	Am-241	Np-237	Pa-233	U-233	Th-229	Pu-238	Sm-151
最大剂量 (Sv/a)	7.20E-12	2.51E-11	/	/	3.65E-09	2.88E-11	1.07E-09	1.93E-09	/	/
最大值时间 (a)	1.65E6	1.65E6	/	/	1.65E6	1.65E6	1.79E6	1.79E6	/	/

注：值小于 1E-15 不再计算

表 6.3-23 食入途径途径各核素所致个人最大剂量其出现时间（一期一阶段）

核素	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Cm-243	Am-243	Pu-239	U-235	Pa-231	Ac-227
最大剂量 (Sv/a)	/	/	/	2.36E-07	/	/	/	1.43E-13	5.92E-13	2.25E-12
最大值时间 (a)	/	/	/	2.23E3	/	/	/	3.00E6	2.91E6	2.91E6
核素	Cm-244	Pu-240	U-236	Th-232	Ra-228	Th-228	Am-242m	U-238	U-234	Ra-226
最大剂量 (Sv/a)	/	/	1.80E-12	/	/	/	/	2.03E-15	9.37E-13	1.86E-11
最大值时间 (a)	/	/	2.91E6	/	/	/	/	/	1.52E6	1.65E6
核素	Pb-210	Po-210	Pu-241	Am-241	Np-237	Pa-233	U-233	Th-229	Pu-238	Sm-151
最大剂量 (Sv/a)	2.63E-11	4.88E-10	/	/	4.32E-08	1.69E-11	3.82E-09	6.15E-08	/	/
最大值时间 (a)	1.65E6	1.65E6	/	/	1.65E6	1.65E6	1.79E6	1.79E6	/	/

注：值小于 1E-15 不再计算

表 6.3-24 各核素所致个人最大剂量其出现时间（一期一阶段）

核素	Cs-137	Sr-90	Ni-63	Tc-99	Cm-243	Am-243	Pu-239	U-235	Pa-231	Ac-227
最大剂量 (Sv/a)	/	/	/	4.36E-07	/	/	/	1.83E-13	1.59E-12	3.80E-12
最大值时间 (a)	/	/	/	2.23E3	/	/	/	3.00E6	2.91E6	2.91E6
核素	Cm-244	Pu-240	U-236	Th-232	Ra-228	Th-228	Am-242m	U-238	U-234	Ra-226
最大剂量 (Sv/a)	/	/	2.31E-12	/	/	/	/	2.60E-15	1.20E-12	2.04E-11
最大值时间 (a)	/	/	2.91E6	/	/	/	/	/	1.52E6	1.65E6
核素	Pb-210	Po-210	Pu-241	Am-241	Np-237	Pa-233	U-233	Th-229	Pu-238	Sm-151
最大剂量 (Sv/a)	3.35E-11	5.13E-10	/	/	4.68E-08	4.58E-11	4.89E-09	6.34E-08	/	/
最大值时间 (a)	1.65E6	1.65E6	/	/	1.65E6	1.65E6	1.79E6	1.79E6	/	/

注：值小于 1E-15 不再计算

表 6.3-25 处置场关闭后剂量峰值及出现时间（一期一阶段）

核素	第一个剂量峰值		第二个剂量峰值	
	剂量 (Sv/a)	占比	剂量 (Sv/a)	占比
Pa-233	/	/	4.58E-11	0.0%
U-233	/	/	4.89E-09	4.2%
Ra-226	/	/	2.04E-11	0.0%
Pb-210	/	/	3.36E-11	0.0%
Po-210	/	/	5.14E-10	0.4%
Ac-227	/	/	1.66E-12	0.0%
Np-237	/	/	4.68E-08	39.9%
Th-229	/	/	6.34E-08	54.1%
Tc-99	4.36E-07	100%	1.51E-09	1.3%
总剂量	4.36E-07	100%	1.17E-07	100.0%
出现时间 (a)	2.33E+3		1.63E+06	

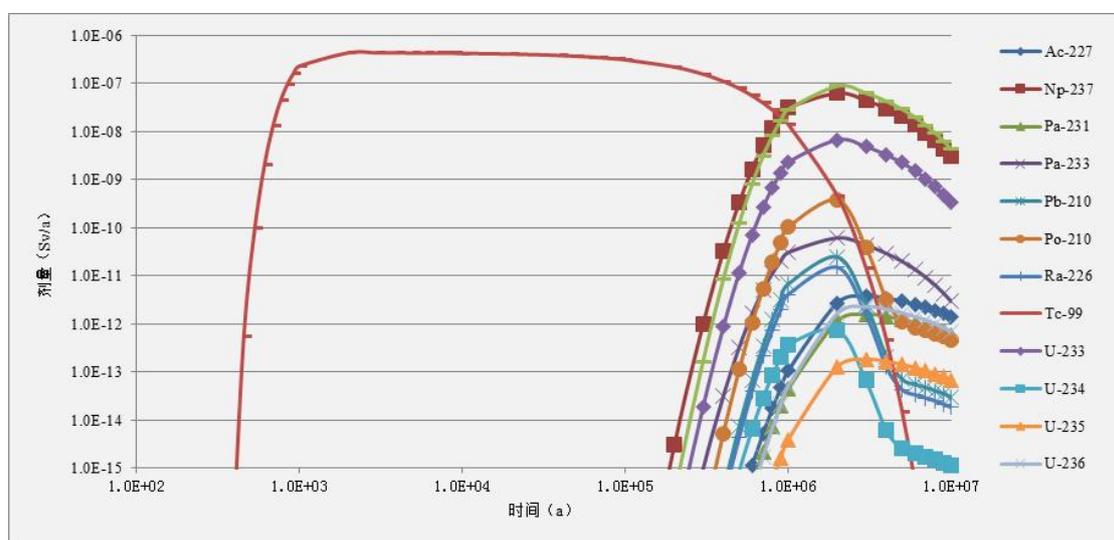


图 6.3-7 各核素所致公众剂量与时间的关系

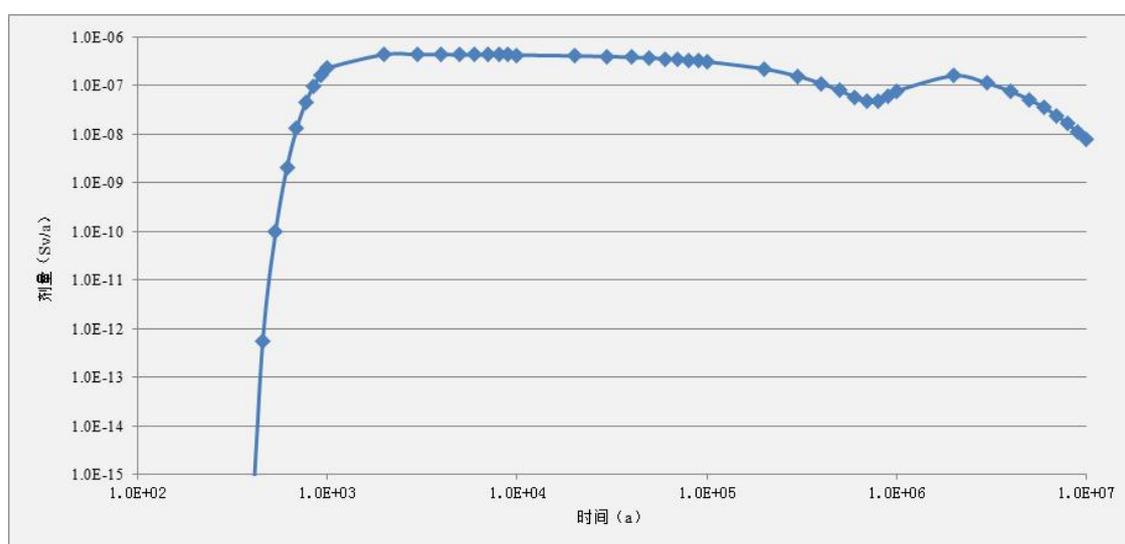


图 6.3-8 公众所受总剂量与时间的关系

6.3.3 事故影响

本次考虑的事故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。本次计算事故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 6.3-26。

表 6.3-26 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 $4.37 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，出现时间为处置场关闭后的 2.21×10^3 年左右，关键核素为 Tc-99，对公众剂量贡献占比约 100%，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 $1.0 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{kg}$ ，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：

$$H_{\text{外}} = t \frac{47.4A\Gamma}{LR} \text{tg}^{-1} \frac{L}{2R} \quad (6.9)$$

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 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、Cs-134、Cs-137、Ce-144、Pm-147、Sm-151、Eu-155、Np-237、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241、Am-241、Am-242m、Am-243、Cm-243、Cm-244。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 6.3-27。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 6.3-28。

表 6.3-27 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)
Cr-51	27.7d	7.70E+05	Cs-137	30.0	7.10E+07
Mn-54	312d	3.02E+05	Ce-144	284d	2.08E+04
Fe-59	44.5d	7.17E+04	Pm-147	2.62	3.85E+04
Co-58	70.8d	3.67E+05	Sm-151	90.0	2.57E+05
Co-60	5.27	5.67E+08	Eu-155	4.96	7.52E+05
Ni-63	96.0	4.53E+03	Np-237	2.14E+06	2.03E+02
Sr-90	29.1	4.83E+07	Pu-238	87.7	2.52E+03
Nb-95	35.1d	4.59E+06	Pu-239	2.41E+04	1.25E+02
Zr-95	64d	3.01E+06	Pu-240	6.54E+03	2.12E+02
Tc-99	2.13E+05	1.34E+06	Pu-241	14.4	8.12E+07
Ru-103	39.3d	8.84E+04	Am-241	432	1.12E+03
Ag-110m	250d	3.86E+05	Am-242m	152	1.32E+04
Sb-124	60.2d	1.71E+05	Am-243	7.38E+03	2.52E+01
Sb-125	2.77	7.93E+05	Cm-243	28.5	1.96E+01
Cs-134	2.06	3.73E+06	Cm-244	18.1	3.69E+03

表 6.3-28 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)
Cr-51	7.70E+05	0.00E+00	Cs-137	7.10E+07	6.94E+04
Mn-54	3.02E+05	0.00E+00	Ce-144	2.08E+04	0.00E+00
Fe-59	7.17E+04	0.00E+00	Pm-147	3.85E+04	1.33E-30
Co-58	3.67E+05	0.00E+00	Sm-151	2.57E+05	2.55E+04
Co-60	5.67E+08	4.18E-09	Eu-155	7.52E+05	4.71E-13
Ni-63	4.53E+03	5.19E+02	Np-237	2.03E+02	2.03E+02
Sr-90	4.83E+07	3.81E+04	Pu-238	2.52E+03	2.35E+02
Nb-95	4.59E+06	0.00E+00	Pu-239	1.25E+02	1.24E+02
Zr-95	3.01E+06	0.00E+00	Pu-240	2.12E+02	2.05E+02
Tc-99	1.34E+06	1.34E+06	Pu-241	8.12E+07	6.23E+01
Ru-103	8.84E+04	0.00E+00	Am-241	1.12E+03	1.72E+06
Ag-110m	3.86E+05	0.00E+00	Am-242m	1.32E+04	3.36E+03
Sb-124	1.71E+05	0.00E+00	Am-243	2.52E+01	2.45E+01
Sb-125	7.93E+05	2.01E-27	Cm-243	1.96E+01	1.33E-02
Cs-134	3.73E+06	5.52E-38	Cm-244	3.69E+03	3.79E-02

*Am-241 考虑了 Pu-241 的衰变

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 Ni-63、Sr-90、Tc-99、Cs-137、Sm-151、Np-237、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Am-241、Am-242m。

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：

$$H_{\text{内}} = t\eta CF \quad (6.10)$$

式中， H 为吸入所致内照射剂量，Sv； η 为从事体力工作者的空气呼吸率， $0.02 \text{m}^3/\text{min}$ ； t 为接触时间，假定接触 50h； F 为吸入剂量转换因子，Sv/Bq，其值见表 6.3-30； 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， $5 \times 10^{-4} \text{g/m}^3$ 。

表 6.3-31 给出了不同时间钻孔事故所致操作人员剂量，从表中可以看出，300a 和 500a 时的个人有效剂量分别为 4.97mSv 和 3.61mSv，关键核素均为 ^{241}Am ，关键途径均为吸入放射性核素造成的内照射，均小于本次设定的事故剂量控制值 5mSv/次。

表 6.3-29 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)
Ni-63	5.19E+02	8.16E+04	2.60E-04	1.23E+02	1.93E+04	6.15E-05
Sr-90	3.81E+04	5.99E+06	1.91E-02	3.26E+02	5.11E+04	1.63E-04
Tc-99	1.34E+06	2.10E+08	6.70E-01	1.34E+06	2.10E+08	6.70E-01
Cs-137	6.94E+04	1.09E+07	3.47E-02	6.84E+02	1.07E+05	3.42E-04
Sm-151	2.55E+04	4.01E+06	1.28E-02	5.47E+03	8.58E+05	2.73E-03
Np-237	2.03E+02	3.19E+04	1.02E-04	2.03E+02	3.19E+04	1.02E-04
Pu-238	2.35E+02	3.70E+04	1.18E-04	4.85E+01	7.61E+03	2.43E-05
Pu-239	1.24E+02	1.95E+04	6.20E-05	1.23E+02	1.93E+04	6.15E-05
Pu-240	2.05E+02	3.22E+04	1.03E-04	2.01E+02	3.16E+04	1.01E-04
Am-241	1.72E+06	2.70E+08	8.61E-01	1.25E+06	1.97E+08	6.27E-01
Am-242m	3.36E+03	5.28E+05	1.68E-03	1.35E+03	2.12E+05	6.75E-04

表 6.3-30 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 $C_{m^2 kg^{-1} Bq^{-1} S^{-1}}$
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	/
Np-237	1.10E-07	5.00E-05	7.2E-9	/
Pu-238	2.30E-07	1.10E-04	2.9E-11	/
Pu-239	2.50E-07	1.20E-04	1.3E-11	/
Pu-240	2.50E-07	1.20E-04	2.8E-11	/
Am-241	2.00E-07	9.60E-05	8.9E-10	2.30E-20
Am-242m	4.90E-08	9.40E-06	/	/

表 6.3-31 钻孔事故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)
Ni-63	0.00E+00	2.02E-11	2.02E-11	0.00E+00	4.80E-12	4.80E-12
Sr-90	0.00E+00	1.83E-07	1.83E-07	0.00E+00	1.56E-09	1.56E-09
Tc-99	0.00E+00	5.23E-07	5.23E-07	0.00E+00	5.23E-07	5.23E-07
Cs-137	2.77E-06	8.12E-08	3.86E-06	2.77E-08	8.00E-10	2.85E-08
Sm-151	0.00E+00	3.06E-09	3.06E-09	0.00E+00	6.56E-10	6.56E-10
Np-237	0.00E+00	3.05E-07	3.05E-07	0.00E+00	3.05E-07	3.05E-07
Pu-238	0.00E+00	7.76E-07	7.76E-07	0.00E+00	1.60E-07	1.60E-07
Pu-239	0.00E+00	4.46E-07	4.46E-07	0.00E+00	4.43E-07	4.43E-07
Pu-240	0.00E+00	7.38E-07	7.38E-07	0.00E+00	7.24E-07	7.24E-07
Am-241	2.50E-06	4.96E-03	4.96E-03	1.82E-06	3.61E-03	3.61E-03
Am-242m	0.00E+00	9.48E-07	9.48E-07	0.00E+00	3.81E-07	3.81E-07
合计	6.34E-06	7.08E-03	4.97E-03	2.63E-06	5.16E-03	3.61E-03

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 6.3-32。

表 6.3-32 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)
Ni-63	1.09E-01	3.26E+01	2.57E-02	7.72E+00
Sr-90	7.99E+00	2.40E+03	6.81E-02	2.04E+01
Tc-99	2.80E+02	8.40E+04	2.80E+02	8.40E+04
Cs-137	1.45E+01	4.36E+03	1.43E-01	4.28E+01
Sm-151	5.35E+00	1.60E+03	1.14E+00	3.43E+02
Np-237	4.25E-02	1.28E+01	4.25E-02	1.28E+01
Pu-238	4.93E-02	1.48E+01	1.01E-02	3.04E+00
Pu-239	2.60E-02	7.80E+00	2.57E-02	7.72E+00
Pu-240	4.29E-02	1.29E+01	4.21E-02	1.26E+01
Am-241	3.61E+02	1.08E+05	2.63E+02	7.84E+04
Am-242m	7.04E-01	2.11E+02	2.83E-01	8.48E+01

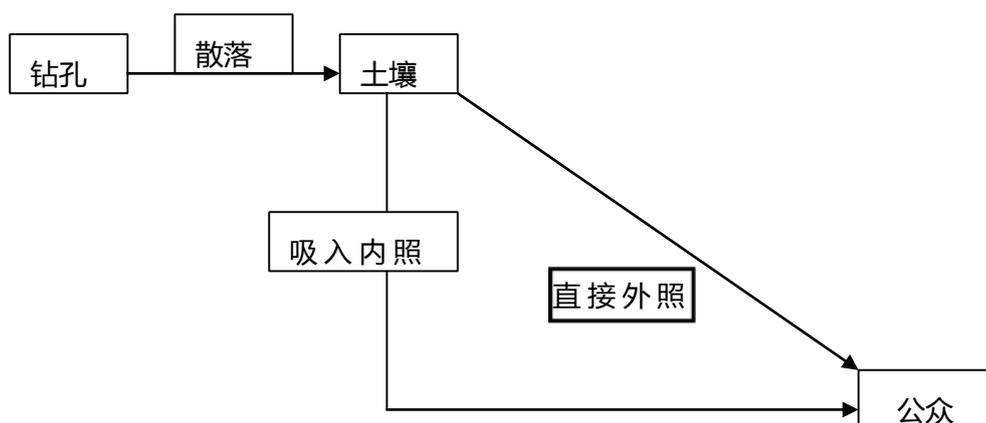


图 6.3-9 岩芯撒落的照射途径

(1) 外照射

由下述公式计算地表沉积外照射的个人年有效剂量 H ：

$$H = \sum_i C_i \cdot S \cdot g_{gi} \cdot t \quad (6.11)$$

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 6.3-30； t 为一年中照射的时间份额，取 $t=0.3$ 。表 6.3-33 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 $5.49 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 和 $2.12 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，剂量最大贡献者均为 ^{241}Am 。

(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 $8400 \text{m}^3/\text{a}$ ，空气载尘量为 $5 \times 10^{-4} \text{g}/\text{m}^3$ 。表 6.3-33 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， ^{241}Am 是内照射剂量的最大贡献者，300a、500a 年吸入内照射所致个人剂量分别为 $4.38 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $3.18 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 。

(3) 总剂量

由表 6.3-33 可以看出，处置场关闭后 300 年、500a，岩心洒落事故造成的最大个人剂量分别为 $9.87 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 和 $5.31 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，小于本次设定的事故剂量控制值 1mSv/a 。关键核素均为 ^{241}Am ，关闭后 300 年关键照射途径为沉积外照射途径，关闭后 500 年关键途径为吸入内照射途径。

表 6.3-33 岩芯洒落事故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)
Ni-63	0.00E+00	1.79E-13	1.79E-13	0.00E+00	4.21E-14	4.21E-14
Sr-90	2.52E-06	1.61E-09	2.52E-06	2.14E-08	1.38E-11	2.14E-08
Tc-99	6.30E-08	4.59E-09	6.76E-08	6.30E-08	4.59E-09	6.76E-08
Cs-137	2.35E-05	7.15E-10	2.35E-05	2.31E-07	7.05E-12	2.31E-07
Np-237	2.76E-08	2.68E-09	3.03E-08	2.76E-08	2.68E-09	3.03E-08
Sm-151	4.17E-11	1.58E-10	1.99E-10	8.94E-12	3.38E-11	4.27E-11
Pu-238	1.29E-10	6.85E-09	6.98E-09	2.64E-11	1.40E-09	1.43E-09
Pu-239	3.04E-11	3.93E-09	3.96E-09	3.01E-11	3.89E-09	3.92E-09
Pu-240	1.08E-10	6.50E-09	6.61E-09	1.06E-10	6.35E-09	6.46E-09
Am-241	2.88E-05	4.38E-05	7.28E-05	2.09E-05	3.18E-05	5.27E-05
Am-242m	0.00E+00	8.35E-09	8.35E-09	0.00E+00	3.35E-09	3.35E-09
合计	5.49E-05	4.38E-05	9.87E-05	2.12E-05	3.18E-05	5.31E-05

6.3.3.4 建房居住景象

假定在处置单元上方建房居住事故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：

$$X = \frac{2\pi M \Gamma}{\mu} (1 - E_2(\mu d)) \quad (6.19)$$

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 和 ^{241}Am 。

加屏蔽后照射量率 X_B 为：

$$X_B = BX \exp(-\mu L) \quad (6.20)$$

式中， B 为累积因子，见表 6.3-21。

由照射量率计算空气的吸收剂量率为：

$$D = 33.85 X_B \quad (6.21)$$

本文保守的认为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 6.3-34 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
Am-241	59	62	31	227

表 6.3-35 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 6.35 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 $5.27 \times 10^{-4} \text{Sv/a}$ 、 $5.20 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，小于本次设定的事故剂量控制值 1mSv/a 。

表 6.3-35 建房居住景象事故剂量

时间	核素	M (Bq/m^3)	Γ	μd	B	T (s)	剂量 Sv/a
300a	Cs-137	1.39E+08	6.32E-19	8.5	28	3.16E7	5.27E-04
	Am-241	3.44E+09	2.30E-20	31	227	3.16E7	1.79E-13
500a	Cs-137	1.37E+06	6.32E-19	8.5	28	3.16E7	5.20E-06
	Am-241	2.51E+09	2.30E-20	31	227	3.16E7	1.30E-13

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 6.3-36。

表 6.3-36 处置场关闭后 5 万年剩余的核素及其比活度

核素	比活度 (Bq/kg)
Tc-99	1.14E+06
Np-237	6.84E+02
Th-229	1.06E+02
U-233	1.32E+02

(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 6.3-37、表 6.3-38、表 6.3-39）。

根据 EJ/T 1191-2005 给出的计算公式：

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

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 6.3-37 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	1.14E+03	3.4E-5	2.15E-03
Np-237	6.84E-01	0.3	1.14E-02
Th-229	1.06E-01	0.43	2.53E-03
U-233	1.32E-01	3.8E-4	2.78E-06

$H_{\text{内吸}} = C_{\text{soil}} \times \text{ASR} \times \text{DCF}_{\text{内吸}} \times \text{FA} \times \text{FCD} \times \text{FI} \times \text{FO}$

式中： C_{soil} ：废物体中核素的比活度，Bq/g；

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

$\text{DCF}_{\text{内吸}}$ ：吸入内照射剂量转换因子，Sv/Bq；

FA：面积修正系数，面积超过 1200m^2 ，取 1。

FCD：覆盖与深度修正系数，保守取 1。

FI：空气年摄入量，取 $8400 \text{m}^3/\text{a}$ 。

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 6.3-38 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	1.14E+03	1.3E-8	3.46E-03
Np-237	6.84E-01	5.0E-5	7.98E-03
Th-229	1.06E-01	2.4E-4	5.92E-03
U-233	1.32E-01	9.6E-6	2.95E-04

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

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 ；

$\text{DCF}_{\text{内食}}$ ：食入内照射剂量转换因子，Sv/Bq；

FA：面积修正系数，面积超过 1000m^2 ，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 6.3-39 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	1.14E+03	6.4E-10	1.48E-03
Np-237	6.84E-01	1.1E-7	1.53E-04
Th-229	1.06E-01	4.9E-7	1.05E-04
U-233	1.32E-01	5.1E-8	1.36E-05

表 6.3-40 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 $3.55 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 Np-237，关键途径为吸入内照射。

表 6.3-40 处置场关闭后 300 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	2.15E-03	3.46E-03	1.48E-03	7.09E-03	20.0%
Np-237	1.14E-02	7.98E-03	1.53E-04	1.95E-02	55.0%
Th-229	2.53E-03	5.92E-03	1.05E-04	8.56E-03	24.1%
U-233	2.78E-06	2.95E-04	1.36E-05	3.11E-04	0.9%
合计	1.61E-02	1.77E-02	1.75E-03	3.55E-02	100.0%
比例	45.3%	49.8%	4.9%	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。

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

式中： H^* ：屏蔽后所受的剂量，mSv/a；

H_0 ：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 6.3-41。

表 6.3-41 混凝土中主要核素的 ΔL 值**

核素	ΔL (cm)
Tc-99*	5
Np-237	15
U-233	5
Th-229	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 6.3-42~表 6.3-44 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 0.638mSv/a, 小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a, 关键核素为 Np-237, 关键途径为吸入内照射。

表 6.3-42 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*	1.29E-08	2.58E-02	2.58E-02
Np-237	6.84E-04	1.37E-01	1.37E-01
U-233	1.51E-08	3.03E-02	3.03E-02
Th-229	1.67E-11	3.33E-05	3.33E-05
合计	6.84E-04	1.93E-01	1.93E-01

表 6.3-43 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*	8.30E-02	1.78E-02	1.01E-01
Np-237	1.92E-01	1.83E-03	1.94E-01
U-233	1.42E-01	1.26E-03	1.44E-01
Th-229	7.07E-03	1.63E-04	7.21E-03
合计	4.24E-01	2.11E-02	4.46E-01

表 6.3-44 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	2.58E-02	8.30E-02	1.78E-02	1.27E-01	19.8%
Np-237	1.37E-01	1.92E-01	1.83E-03	3.31E-01	51.8%
Th-229	3.03E-02	1.42E-01	1.26E-03	1.74E-01	27.2%
U-233	3.33E-05	7.07E-03	1.63E-04	7.27E-03	1.1%
合计	1.93E-01	4.24E-01	2.11E-02	6.38E-01	100.0%
比例	30.3%	66.4%	3.3%	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 $4.36 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，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 2230 年。整个处置场（ 100万 m^3 ）对公众造成的个人有效剂量为 $9.43 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，小于剂量约束值 0.2mSv/a 。

事故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 $4.37 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，小于事故下的剂量控制值 1mSv/a ，出现在处置场关闭后的 2210 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，事故所致个人有效剂量分别 4.97mSv/次 ，关键核素为 ^{241}Am ，关键途径为吸入内照射，小于事故剂量控制值 5mSv/次 ；钻探后岩芯撒落事故所致个人剂量为 $9.87 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，小于事故剂量控制值 1mSv/a ，关

键核素为 ^{241}Am ，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 0.527mSv/a ，小于事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 Cs-137 ，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 0.638mSv/a ，小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a ，关键核素为 Np-237 ，关键途径为吸入内照射。

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

在甘肃低放废物处置场运行前，委托有资质单位对场址周围环境本底进行监测，包括场址四周 γ 辐射剂量率测量、土壤、生物样和气溶胶中核素浓度。运行前本底监测计划见表 7.2-1。

表 7.2-1 运行前环境监测计划

介质	监测点位	监测项目
γ 剂量率	以处置场为中心，在半径 3km 范围，夹角 45° 的八个方位上布点监测；生地湾农场 1 个点	γ 辐射空气吸收剂量率
土壤	同陆地 γ 辐射	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、Pu、 ^{241}Am
生物	生地湾农场	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、Pu、 ^{241}Am
气溶胶	处置场上下风向各取 1 个点	总 α ，总 β
沉降物	同气溶胶	总 α ，总 β
地下水	处置场上游 2 口监测井、下游 2 口监测井（监测井设置后监测）	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{99}Tc 、Pu、 ^{241}Am
地表水	跃进渠	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{99}Tc 、Pu、 ^{241}Am

7.3 施工期间的环境监测

施工期间，委托有资质单位对甘肃低放废物处置场周围环境开展非放监测。监测计划如下表 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	处置单元区域四周各布设一个点位，生地湾农场 1 个点	1 次/季度
噪声	等效连续 A 声级	处置单元区域四周各布设一个点位，生地湾农场 1 个点	1 次/季度

7.4 运行期间的环境监测和流出物监测

(1) 流出物监测

本工程正常工况下无放射性气体流出，不需对气体进行监测。只有处置场运行过程中产生的洗衣和淋浴废水、洗车废水，该废水收集在废水监测池中，排放前对监测池中的废水进行监测，若废水中放射性指标满足 GB8978-1996《污水综合排放标准》：总 $\alpha \leq 1 \text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ 时，排入园区生活污水管道中，若不满足要求，则就地进行水泥固化。

本工程废水监测由清原公司自行监测。

(2) 环境监测

甘肃低放废物处置场在运行期间对场区和周围环境放射性实行全程监测，运行期间的环境监测布点基本与本底监测布点重合，同时，在处置场边界处地下水上游设置 2 个监测井，地下水下游设置 2 个监测井，进行总 α ，总 β 和核素分析。本工程运行期间的环境监测计划见表 7.4-1。本工程运行期间的环境监测由清原公司自行监测。

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	以处置场为中心，在半径 3km 范围，夹角 45° 的八个方位上布点监测；生地湾农场 1 个点	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/季
	土壤	同陆地 γ 辐射	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 Pu 、 ^{241}Am	1 次/年
	生物	生地湾农场	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 Pu 、 ^{241}Am	1 次/年
	气溶胶	处置场上下风向各取 1 个点	总 α ，总 β	1 次/季
	沉降物	同气溶胶	总 α ，总 β	1 次/季
	地下水	处置场上游 2 口监测井、下游 2 口监测井	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{99}Tc 、 Pu 、 ^{237}Np 、 ^{241}Am	1 次/半年
	地表水	跃进渠	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{99}Tc 、 Pu 、 ^{237}Np 、 ^{241}Am	1 次/半年
流出物	洗衣、淋浴、洗车废水 废水监测池	总 α ，总 β	排放前	

7.5 关闭后的环境监测

甘肃低放废物处置场关闭后的环境监测可继续沿用运行阶段的监测点，初步确定的关闭后环境监测计划如表 7.5-1 所示。

表 7.5-1 关闭后初步环境监测计划

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次
γ 剂量率	以处置场为中心，在半径 3km 范围，夹角 45° 的八个方位上布点监测；生地湾农场 1 个点	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/半年
土壤	同陆地 γ 辐射	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 Pu 、 ^{241}Am	1 次/年
生物	生地湾农场	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 Pu 、 ^{241}Am	1 次/年
气溶胶	处置场上下风向各取 1 个点	总 α ，总 β	1 次/半年
地下水	处置场上游 2 口监测井、下游 2 口监测井	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{99}Tc 、 Pu 、 ^{237}Np 、 ^{241}Am	1 次/半年
地表水	跃进渠	总 α ，总 β ， ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{99}Tc 、 Pu 、 ^{237}Np 、 ^{241}Am	1 次/半年

7.6 质量保证计划

7.6.1 质量保证和质量控制

在监测过程中，为保证监测结果准确可信，严格执行 GB 8999-1988《电离辐射监测质量保证一般规定》和 GB11216-1989《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》，对监测分析的全过程进行严格的质量控制。

(1) 从事环境监测的人员应掌握辐射防护的基本知识，正确熟练掌握辐射环境监测中的操作技术和质量控制程序，掌握数理统计方法。

(2) 从采集点布设到样品分析前的全过程严格执行质量控制措施。采样容器、设备符合技术规范要求，保证采样器和样品容器的清洁，并防止交叉污染，采集的样品有代表性，并留有足够的余量以备复查。样品的包装、运输、贮存及必要的前处理严格按照操作规范进行，并及时记录、贴上标签。准确测定样品的质量、体积或取样的累计流量。

(3) 分析检测方法尽可能使用国标方法，没有国标方法的项目使用行业方法，并通过比对验证。无论使用何种方法，一律进行空白和加标回收试验，分析结果扣除本底并进行回收校正。

(4) 对所使用的测量仪器仪表按国家规定定期检定。

(5) 所有监测装置符合技术规范要求，具有较好的稳定性，并通过试验绘制出本底、效率控制图，将每次测量置于受控状态。所使用的标准源(包括标准溶液)均为国家级标准，并且几何状态与待测样品一致。

(6) 样品从采集、预处理、分析测量到结果分析，按《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)规定的格式和内容准确记录。认真检查原始记录，发现有计算或记录错误的数据经反复核算后予以订正。数据由专人复审，并长期保存。数据的报出严格执行三级审核要求。

7.6.2 监测计划的管理和变更

(1) 监测计划由处置场环境监测部门负责人制定并报清原公司主管领导批准实施。

(2) 每年对监测计划的执行情况进行总结。

7.6.3 监测记录和文件管理

(1) 根据运行大纲的要求制订统一格式的记录表格。不得用铅笔和圆珠笔记录，书写要工整，不得随意涂改。

(2) 对记录的原始数据进行适当的数据处理，包括统计分析和单位换算，使之满足报告书的要求。

(3) 监测结果记录以下内容:处置场名称、测量点和采样点，采样时间、采样延续时间、采样体积、分析方法、测量仪器、测量时间、测量结果(包括误差)。

(4) 分析操作人员、审核人员和每一监测项目的负责人都应在监测结果上签字。

(5) 监测结果的原始记录应在处置场的监测部门存档。监测结果报告书的原件在处置场运行单位存档。监测结果的原始记录和报告书等文件要永久保存。

第八章 场址筛选

8.1 场址筛选条件

本次场址筛选主要从地理位置、地形地貌、地表断裂、地震活动、岩土适宜性、地下水、不良地质作用、总平面布置条件、工程量、人口分布、工业企业分布、极端气象等进行系统梳理，罗列在综合比较表中，详见表 8.1-1。

表中，“单项比较”栏，

(1) A~C 分别代表旧井场址、矿区场址和金塔场址

(2) $A > B$: 表示 A 场址条件优于 B 场址; $A \approx B$: 表示 A 场址与 B 场址条件相当。

表 8.1-1 各候选场址条件比较表

项目内容		旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
地理位置	位置	位于甘肃省酒泉市肃北蒙古族自治县和玉门市，地理坐标约为：N40°51'47"，E97°7'54"。	位于甘肃省河西走廊中部、玉门市西北 50 km 的戈壁滩上，行政区划称“甘肃矿区”，地理坐标约为：N40°16'44"，E97°22'12"。	位于甘肃省酒泉市金塔县西坝乡西北约 29km 处，地理坐标约为：东经 98°34'49.78"，北纬 40°19'30.31"。	A≈B≈C
	与城镇关系	场址南距玉门市约 67.8km（直线距离，下同），东南距嘉峪关市约 163.3km，距酒泉市约 172.2km。	场址东南距西北处置场约 2.5km，西距玉门市约 31.1km，东南距嘉峪关市约 86km，距酒泉市约 94km。	场址南距嘉峪关市约 63km，距酒泉市约 66km，东南距金塔县约 52km，东南距西坝乡约 28.6km，西距玉门市约 99km，西南距昌马水库约 150km。	A≈B≈C
	与废物产生单位关系	距离中核集团规划废物处理项目直线距离 133.39km	距离中核集团规划废物处理项目直线距离 95.5km	距离中核集团规划废物处理项目直线距离 1km 以内。	A<B<C

项目内容	旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
地形地貌	场地属低山丘陵地形，总体地形南高北低。南部为低山区，由华窑山-帐房山-半滩南山构成北西西向斜列山体，山脊峻峭，地形切割较强，海拔 1670 ~ 1834m（最高峰帐房山 1834.5m），相对高差 165m；北部为岩漠构成的起伏不大的丘陵，为场址主体。	处置场位于四〇四厂内，四〇四厂处在宽滩山—饮马北山相对隆起区上，场地属祁连山洪冲积成因的山前中等倾斜的老洪积扇将中的残留高位洪积扇区。西南部与疏勒河冲积扇相邻，东北部与赤金河天津卫冲积扇毗邻。主要地貌特征为荒漠戈壁，天然植被较差，属旱生和盐生植被，地表土壤为砾石层。场址自然标高大概介于 1423~1430m 之间（高程系统采用昌马灌溉区高程系统。	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。	A≈B≈C
地表断裂	近区域范围内有晚更新世以来活动断裂 3 条	近区域范围内有全新世以来活动断裂有 3 条，晚更新世活动断裂 1 条	近区域范围内不存在晚更新世以来活动的断裂。	B<A<C
地震活动性	区域地震活动呈现南强北弱的特点；场址曾遭受历史破坏性地震最大宏观影响烈度为 V 度；场址 II 类场地地震烈度为 VII 度。	区域地震活动呈现南强北弱的特点；场址曾遭受历史破坏性地震最大宏观影响烈度为 VII-VIII 度；场址 II 类场地地震烈度为 VII 度。	区域地震活动呈现南强北弱的特点；场址曾遭受历史破坏性地震最大宏观影响烈度为 VI 度；场址 II 类场地地震烈度为 VII 度。	A≈B≈C

项目内容	旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
岩土适宜性	<p>属塔里木-南疆地层大区中、南天山-北天山地层区中天山-北山地层分区红柳园地层小区，地层分有面积约170km²，占场址总面积的37%。出露地层主要为前长城系敦煌岩群、长城系咸水井群变质岩系和第四纪松散堆积层。</p> <p>旧井地段内区域性节理构造发育，包括不同构造时期形成的张节理、剪节理及区域性节理。</p>	<p>拟建场地地势较平坦，经调查拟建场地及其周围不存在滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害，场地内也未发现影响场地稳定的其他不良地质作用。场地内也不会发生地基液化的现象。</p> <p>距离拟建场址最近的断裂为登登山断裂，登登山断裂为全新世活动断裂，距离拟建场址约1.8km，大于规范所要求的最小避让距离（200m）。可忽略其对场址的影响。从地表至基岩顶面有多层黏性土分布，通过阳离子交换容量测定，黏土层对核素具有较大的吸附作用和阻滞核素迁移、扩散的能力，同时这些黏土层也是很好的隔水层。综上所述，场地为稳定场地。地基可按均匀地基考虑。</p> <p>未发现破碎带等不稳定地质构造，土层与基岩面接触处，无软弱层存在，上覆土层不会沿基岩面滑移，拟建场地内无防空洞、采空区、土洞、泥石流、滑坡、坍塌等不良地质作用。故判定场地地基是稳定的</p>	<p>场区范围内不存在能动断层，亦未发现特殊地质体、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。综上所述场地是稳定的。</p> <p>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。</p>	A≈B≈C

项目内容		旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
地下水		<p>含水介质可分为裂隙介质和孔隙介质两种类型。浅层地下水主要接受大气降水的垂直入渗补给，部分消耗于蒸发，部分通过沟谷或构造破碎带向下游径流排泄，最终流向盆地或区域排泄点，构成完整的地下水循环交替系统；深部地下水主要接受上游侧向径流补给以及浅层地下水经过断裂构造补给。</p> <p>地下水阳离子以 Na⁺为主，其次为 Ca²⁺；阴离子以 Cl⁻和 SO₄²⁻为主。地下水的主要化学类型为 Cl·SO₄-Na 型；地下水的 pH 值介于 7.1~8.0 之间，平均值 7.8；水温 8~14℃ 之间；地下水总溶解固体(TDS)变化在 1.0~5.5g/L 之间，平均值 2.4g/L，属微咸水。</p>	<p>仅在靠近基底的第三系底部砂砾层中赋存地下水。场址区不存在第四系松散岩类孔隙水。</p> <p>自上而下可以分为 5 层。第一层下更新统砾石层，为透水不含水层；第二、四层上新统粘土、粉砂质粘土层，为隔水层；第三层上新统细砂、粗砂层，为透水不含水层；第五层上新统细砂、砾砂层，为承压含水层。场址区处于区域地下水的径流、排泄区。地下水主要受高程较高处的大气降水入渗补给和基岩裂隙水的补给。区域地下水流向与地表水一致，由南西往北东方向流，水力坡度为 1% 左右，地下水降水渗入补给量有限。场地的地下水类型为 SO₄-Cl-Na 型水；pH 值分布在 6.84~7.54，平均值为 7.18，偏弱碱性；地下水处于氧化环境；TDS 分布于 1.89~6.89g/L，地下水的矿化度差异性明显，以微咸水和咸水为主。</p>	<p>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。</p> <p>场区地下水的主要流向为偏东南方向，平均水平流速为 4.82~9.11×10⁻⁶cm/s。</p> <p>场址区内没有河流、水库等大型地表水体，因此，不存在地表水体与区内地下水之间的水力联系。</p>	A≈B≈C
不良地质作用		各场址内不存在影响处置场建设的不良地质作用与地质灾害			A≈B≈C
总平面	用地适宜性	该场址厂房用地面积约 60 公顷，场址周围较空旷，场址可利用土地非常充足。	该场址厂房用地面积约 60 公顷，场址周围较空旷，场址可利用土地非常充足。	该场址厂房用地面积约 60 公顷，场址周围较空旷，场址可利用土地非常充足。	A≈B≈C

项目内容		旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
布置条件	场地平整	场址布置在两个黑包(山),地形标高标高为 1535-1570m,设计标高暂定为 1555m;处置单元采用半地下建设方式,其中地上 8m,地下 2m。一期一阶段建设 1 个处置单元,顶部开口尺寸为 86m×46m×5m,,处置单元顶面与地表平齐。	场址布置在西北处置场西北方向,地形标高标高为 1606-1620m,设计标高暂定为 1615m;处置单元采用半地下建设方式,其中地上 8m,地下 2m。一期一阶段建设 1 个处置单元,顶部开口尺寸为 86m×46m×5m,,处置单元顶面与地表平齐。	场址布置在 R 项目东北方向,地形标高标高为 1260-1266m,设计标高暂定为 1262m;处置单元采用半地下建设方式,其中地上 8m,地下 2m。	A≈B≈C
	交通条件	北距 G7 国道约 140km,南距连霍高速 G30 国道约 100km,西距省道 S216 约 21km,距离最近的疏勒河火车站约 55km。场址半径 15km 范围内无民用机场。	北距 410 乡道约 500m,东距 766 乡道约 2km,东南距西北处置场约 2.5km,距离最近的低窝铺火车站约 18.2km。场址半径 15km 范围内无民用机场。	场址半径 15km 范围内现有 1 条县道(X258)和 1 条乡道(Y760),相对场址最近距离分别约为 13km、12km,还有 4 条专用道路和多条乡村道路。根据目前的调查资料,厂址半径 15km 范围内没有涉及重要道路的发展规划。	C≈B>A
场址工程量	土石方工程	场址挖方量约为 79.7 万 m ³ ,填方量约为 433.2 万 m ³ 。	场址挖方量约为 34.4 万 m ³ ,填方量约为 168.9 万 m ³ 。	场址挖方量约为 3.2 万 m ³ ,填方 6 万 m ³ 。	C>B>A
	新建进场道路	需新建道路约 21km。	需新建道路约 538m。	需新建道路约 1.1km。	C≈B>A

项目内容	旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
设计洪水	<p>场址附近的新场地区地形自南向北缓坡状倾斜，受地形和地质构造的影响，区内沟谷呈树枝状自西南向东北方向延伸遍布于整体推荐场址区，因降水稀少，区内沟道内几乎没有流水，仅在发生较大降水时在沟道内有暂时性的洪流。</p>	<p>场址流域径流洪水分析计算结果表明，场址不会受到石油河及昌马河干流各频率设计洪水位的威胁。场址附近小流域暴雨洪水分析计算结果表明，各频率降雨工况下的小流域暴雨洪水均不会对场址产生影响。</p>	<p>考虑可能最大降雨引起鸳鸯池水库溃坝洪水与讨赖河区间可能最大洪水组合工况，并考虑风浪因素造成水位上升的影响，计算得到场址断面对应的讨赖河干流可能最大洪水位为1227.68m，低于本项目暂定的场坪标高，可保证本项目场址不受大范围陆域径流洪水影响。</p> <p>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。为防止场区附近小流域降雨洪水对场区构成影响，可通过设置截排洪沟、挡洪护堤、规划行洪通道等工程措施解决，保证场区防洪安全。</p>	A≈B≈C

项目内容		旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
	淡水水源	场址及附近区域范围内无任何工业、农业及生活用水供水管线。现场所需用水需就地取水或从附近城镇拉水。	引用自 404 厂	本工程水源为昌马水库，取水口设置在甘肃矿区取水工程枢纽，距上游昌马水库大坝 1.3km，其运行方式为冬、春、秋季采用新枢纽供水，夏季采用老枢纽供水。旧取水口距上游的昌马水库约 13.0km；新取水口距上游昌马水库大坝 1.3km，供水保证率 P=99%。	B≈C>A
人口及人口分布	距场址最近的万人以上的城镇	各场址半径 15km 范围内无万人以上的城镇			A≈B≈C

项目内容	旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
场址附近居民	以旧井地段为中心半径15km为重点评价范围。该评价范围地处戈壁，人口极其稀少，常驻人口为1户当地牧民	场址半径10km范围内没有10万人以上的城镇。场址半径10km范围内重要居民点从行政区划分，包括赤金镇和下西号乡2个乡镇下辖2个行政村，共计6个自然村，人口总数为1009人。场址半径5km范围内没有万人以上的居民点，也无常住人口。	金塔场址半径5km范围内不存在行政村及自然村。金塔场址半径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，包括生地湾农场一分场、二分场、三分场和四分场。 金塔场址半径10km范围总人口为2271人，平均人口密度为7人/km ² ；金塔场址半径5km内没有常住居民。金塔场址所在金塔县平均人口密度为9人/km ² ，人口自然增长率为3.05‰。	A>B≈C

项目内容		旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
工业企业	场址5km内的工矿企业	无	四〇四一分公司、二分公司、四分公司分别位于中试厂场址东南 2km、西南 2km、西南 1km 处。第二分公司 B 区正在开展相关设施的退役工作。钛白股份有限公司位于中试厂场址以西 4km 处，该厂年产 3 万吨钛白粉。711 水厂位于中试厂场址西南 7km 处，该厂为甘肃矿区境内生产、生活、绿化提供用水。大唐八〇三发电厂位于场址西南 2km 处，其装机容量 12.5 万千瓦。	金塔场址 10km 范围内存在采矿企业 4 家，纳入核技术产业园统一管理。由于目前市场不景气，该区 2018 年无采矿企业生产。	A>B≈C

项目内容	旧井场址(A)	矿区场址(B)	金塔场址(C)	单项比较
极端气象条件	未收集到资料	<p>场址区域不存在、也未出现过热带气旋。因此，不可能有龙卷风或热带气旋或其飞射物对建（构）筑物的冲击造成破坏的事件。得到场址周边各站百年一遇的最大风速估计值以 404 厂的气象站的 44.2m/s 最大，因此以 404 厂的最大风速估值作为最大风速的设计基准。10m 高度百年一遇的极大风速为 58.6m/s。百年一遇最高温度为 43.4℃ 和百年一遇最低温度为 -39.4℃。百年一遇雪荷载为 0.34KN/m²。《建筑结构荷载规范》酒泉的百年一遇雪压 0.35kN/m²，相对更为保守，作为场址百年一遇设计基准雪压。百年一遇和千年一遇的最大日降水量以酒泉气象站的拟合结果最大，分别为 48.1mm 和 66.6mm。由于场址地处戈壁，蒸发量极大，远远大于当地的年均降水量，降水不会对场址造成颠覆性影响。</p>	<p>采用玉门镇和场址最大风速和极大风速的拟合公式推算极大风速值，分别得到 10 米高度处百年一遇极大风速为 52.4m/s 和 45.8m/s。最后确定以金塔站的最高温度加量差 4.4℃ 作为设计基准，100 年一遇极端最高温度为 45.7℃；以玉门镇站极端最低温度估计值减去量差 2.0℃ 作为设计基准，100 年一遇极端最低温度为 -35.5℃。</p> <p>确定玉门镇站的计算结果为场址区域极端积雪设计基准。即场址区域设计基准雪压为 0.33 kN/m²。</p> <p>采用 1993 年 5 月 5 日特大沙尘暴时最大值出现地金昌的沉降值 (729.06 t·km⁻²·月⁻¹) 作为场址沙尘暴的降尘设计基准。</p>	A≈B≈C

8.2 场址适宜性排序

表 8.1-1 对三个候选场址的 9 个方面（地理位置、地形地貌、地质地震、工程地质、水文地质、工程水文、总平面布置、人口分布、气象条件），共计 20 项处置场建设条件做了列举和比较。基于上述比较情况，并充分考虑新建处置场与废物产生单位之间的位置关系，提出三个候选场址建设处置场适宜性的初步排序为：金塔场址、矿区场址、旧井场址。

第九章 处置场建造和运行的效益分析

9.1 利益分析

9.1.1 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。

9.1.2 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、Cs-137、Np-237、Pu-238、Pu-239、Pu-241 和 Am-241 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 至 500 年监管期限内，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。

9.1.3 经济利益

9.1.3.1 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甘肃低放废物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。

9.1.3.2 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，甘肃低放废物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。

9.1.3.3 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。

9.1.4 社会和环境利益

9.1.4.1 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。

9.1.4.2 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。

9.1.4.3 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。

9.2 代价分析

9.2.1 经济代价

处置场建设项目一期一阶段总投资为 21000 万元，其中：建筑工程费为 15000 万元，其他费用为 4000 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）。

9.2.2 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。

9.2.3 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事故，对闯入人员造成照射。为了控制并确保工程在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保证工作人员和周围居民的安全，本工程设置了环境监测措施及屏蔽防护措施。

9.3 效益分析

9.3.1 效费比

经核算，甘肃低放废物处置场处置成本为 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。

9.3.2 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。

9.3.3 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, 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。

第十章 结 论

10.1 项目概况

甘肃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。

甘肃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。

10.2 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。

10.3 废物的产生及处理

10.3.1 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。

一期一阶段 20 个处置单元土石方挖方量为 3.2 万 m^3 ，土石方临时堆放在中核集团金塔环保产业园区南侧的预留场地，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。

10.3.2 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，

合格时排入生产生活污水管道；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 $25\text{m}^3/\text{d}$ ，全部收集经化粪池处理后排入地埋式一体化生活污水处理设备（处理能力 $1.5\text{m}^3/\text{h}$ ），经检测合格后排入园区下水管网。

（2）废气

低放废物处置场不产生工艺废气。废物包装容器在正常情况下不会有放射性物质泄漏到环境空气中。

（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 桶中在处置场的单元内处理。同时，对产生的生活垃圾进行收集，统一处理。

10.4 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。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 $4.36 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，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 2230 年。整个处置场（ 100万 m^3 ）对公众造成的个人有效剂量为 $9.43 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，小于剂量约束值 0.2mSv/a 。

事故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 4.37×10^{-7} Sv/a，小于事故下的剂量控制值 1mSv/a，出现在处置场关闭后的 2210 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，事故所致个人有效剂量分别 4.97mSv/次，关键核素为 ^{241}Am ，关键途径为吸入内照射，小于事故剂量控制值 5mSv/次；钻探后岩芯散落事故所致个人剂量为 9.87×10^{-2} mSv/a，小于事故剂量控制值 1mSv/a，关键核素为 ^{241}Am ，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 0.527mSv/a，小于事故剂量控制值 1mSv/a，关键核素为 Cs-137，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 0.638mSv/a，小于本工程设定的事故剂量控制值 1mSv/a，关键核素为 Np-237，关键途径为吸入内照射。

10.5 公众参与

2020 年 7 月~8 月，清原公司按要求开展了本项目的公众参与工作。按要求，清原公司进行了二次公示，公众参与的对象主要为金塔县政府相关部门及附近居民（生地湾农场居民和西坝乡居民）。项目公众参与采取信息公示（网络公示和报纸公示）及现场张贴（西坝乡和生地湾农场）形式开展，征求厂址周边人员对项目建设的意见和建议。公众参与结论为：两次公示期间，均为收到公众意见的反馈。

10.6 承诺

(1) 甘肃低放废物处置场申请运行前按要求进行辐射环境本底监测；

(2) 若本工程运行前，核技术产业园区废水处理设施未投入运行，本工程将取消埋地式污水处理设施设计，新建废水处理站进行非放废水的处理。

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：政府相关批文

金塔县发展和改革局文件

金发改行服〔2020〕359号

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、极低放废物填埋场及 低放废物贮存库一期一阶段建设项目 登记备案的通知

中核清原环境技术工程有限责任公司：

报来《中核清原环境技术工程有限责任公司关于金塔低放固体废物处置场、极低放废物填埋场及低放废物贮存库一期一阶段建设项目申请备案的报告》和《金塔县企业投资项目备案申请表》等相关附件已收悉，根据《企业投资项目核准和备案管理条例》，经审核，项目符合登记备案条件，现予以登记备案。

一、项目名称：金塔低放固体废物处置场、极低放废物填埋场及低放废物贮存库一期一阶段建设项目

二、建设地点：甘肃酒泉核技术产业园

三、建设内容及规模：本项目一期一阶段拟占地面积约 200 亩，

建设内容包括:

(一) 低放废物处置单元区: 建设 20 个处置单元, 每个处置单元的几何净容积为 4000m^3 ;

(二) 极低放废物填埋区: 建设 1 个填埋单元, 填埋单元的几何净容积为 17000m^3 ;

(三) 低放废物贮存库: 建设 1 个低放废物贮存厂房, 贮存低放废物容量 4000m^3 ;

(四) 处置场配套设施: 包括新建综合办公楼、汽车衡、生产用车库房、低放废物接收与贮存厂房、消防水池及泵房、锅炉房、应急柴油发电机房等;

(五) 新增工艺设备(含辐射监测仪器) 78 台(套), 主要包括数控龙门吊车及抓具、载重汽车、辐射监测仪器、环境监测仪器等;

(六) 建(构)筑物总建筑面积约 25866m^2 。

四、总投资及资金来源: 项目总投资为 22548 万元, 其中固定资产投资 21721 万元, 铺底流动资金 827 万元; 资金来源为公司自筹 6556 万元, 银行贷款 15992 万元。

五、效益分析: 本项目建成后, 在经济效益方面, 年收入约 9280 万元, 实现利税约 1979 万元; 在社会效益方面, 可吸纳就业人员 40 人; 它将使放射性废物得到及时安全处置, 能够保护人类健康和环境安全, 并不给后代带来不适当的负担; 同时能够解决金塔后处理厂的放射性废物处置需求, 确保后处理厂稳定运行; 并为我国沿海核电已积存并将产生大量的放射性废物处置提供出路, 有利于我国核电事业的可持续发展。

六、建设期限: 2020-2023 年

接文后, 请你单位严格按照企业投资项目管理的有关规定执行, 涉及规划、土地、环保、水土保持、取水许可、安全、节能、消防、

社会稳定风险评估、开工许可等方面事项，请按有关规定办理相关手续，完成各项前期工作后，争取早日开工建设。项目开工后，请及时通过项目申报平台录入项目开工及建设信息。本备案通知书有效期两年。

项目代码：2020-620921-77-03-015019

附：金塔县企业投资项目备案登记表

金塔县发展和改革局

2020年6月11日



金塔县发展和改革局

2020年6月11日

金塔县企业投资项目备案登记表

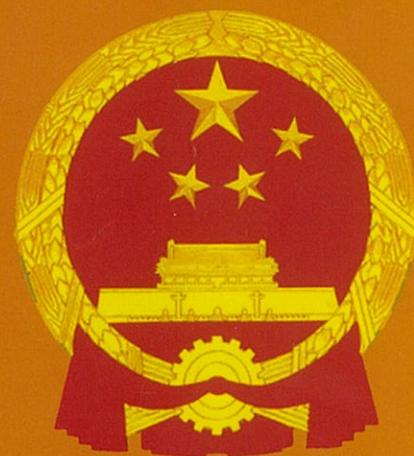
登记备案号：[2020] 75号

单位：万元

企业名称	中核清原环境技术工程有限责任公司		法人代表	王海良	联系电话	010-68068099	
项目名称	金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目		项目负责人	吴宏	联系电话	13810028670	
建设地点	甘肃酒泉核技术产业园				项目建设起止年限	2020-2023年	
产品名称	放射性废物处置				行业分类	核能	
项目主要建设内容及工艺流程	本项目一期一阶段拟占地面积约200亩，建设内容包括：（一）低放废物处置单元区：建设20个处置单元，每个处置单元的几何净容积为4000m ³ ；（二）极低放废物填埋区：建设1个填埋单元，填埋单元的几何净容积为17000m ³ ；（三）低放废物贮存库：建设1个低放废物贮存厂房，贮存低放废物容量4000m ³ 。（四）处置场配套设施：包括新建综合办公楼、汽车衡、生产用车库房、低放废物接收与贮存厂房、消防水池及泵房、锅炉房、应急柴油发电机房等；主要生产工艺有废物包的核实认定、运输、接收、贮存和处置，以及场址的环境监测和设施设备的维护等。（五）新增工艺设备（含辐射监测仪器）78台（套），主要包括数控龙门吊车及夹具、载重汽车、辐射监测仪器、环境监测仪器等；（六）建（构）筑物总建筑面积约25866m ²	项目建成后年新增经济效益	销售收入	利润	税金	创汇	
			9820	1484	495		
		新增土地面积（m ² ）	133134.9	新增建筑面积（m ² ）		25866	
总投资	22548	固定资产投资	21721	项目用汇		资金来源	
		铺底流动资金	827		企业自筹	银行贷款	其他
		其中设备投资	3923		6556	15992	
备案管理机关意见	1. 请按规定办理项目土地、规划、环评、稳评等手续，抓紧落实项目建设资金，尽快开工建设； 2. 项目信息发生变化的，应及时告知备案机关； 3. 项目建设单位应接受备案机关的监管并通过项目监管平台（甘肃政务服务网 http://www.gszfw.gov.cn ）在线如实报送项目开工建设、建设进度、竣工的基本信息。						



中华人民共和国



建设用地
规划许可证

中华人民共和国自然资源部监制

中华人民共和国
自然资源部
用途管制



用地单位	中核清原环境技术工程有限责任公司
项目名称	金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目
批准用地机关	金塔县人民政府
批准用地文号	金政批土发[2020]5号
用地位置	项目规划选址位于甘肃酒泉核技术产业园，嘉策铁路西侧，现状道路东侧地块
用地面积	规划总用地面积 133134.90 平方米 (200 亩)
土地用途	工业用地
建设规模	拟建地上建筑面积不大于 133134 平方米
土地取得方式	公开挂牌出让方式
附图及附件名称	1、金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目规划条件通知书 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填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目用地规划图

遵守事项

- 一、本证是经自然资源主管部门依法审核，建设用地符合国土空间规划和用途管制要求，准予使用土地的法律凭证。
- 二、未取得本证而占用土地的，属违法行为。
- 三、未经发证机关审核同意，本证的各项规定不得随意变更。
- 四、本证所需附图及附件由发证机关依法确定，与本证具有同等法律效力。

建设用地规划许可证附件

规划条件通知书

(建筑工程类)

甘肃省自然资源厅制

说明事项：

- 一、本通知书由城乡规划主管部门制发，一式四份，制发部门存档一份，建设单位存档一份，设计单位存档一份，自然资源部门存档一份。
- 二、本通知书所列规划条件是签订建设用地使用权出让合同的前置条件，是《建设用地规划许可证》的法定附件，是编制和审批规划设计方案的依据。
- 三、本通知书所要求的格式内容在填写时可以添加，必要时可以附页，但不得空缺，否则通知书无效，无此项内容时可填写“无”或填写“/”。本通知书未尽事宜，应符合国家有关政策、法规的要求。
- 四、持本通知书委托具有符合承担本工程设计资质及业务范围的设计单位进行方案设计。通知书所要求的相关指标在方案设计阶段和方案审定过程中不得突破。
- 五、本通知书与附图配套使用，二者缺一不可。

规划条件通知书

(建筑工程类)

金规条[2020] 28号

中核清原环境技术工程有限责任公司:

你单位 2020 年 6 月 10 日根据甘肃酒泉核技术产业园总体发展规划，申报的金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目，经县政府会议研究，同意在甘肃酒泉核技术产业园内，嘉策铁路西侧，现状道路东侧地块内按下列规划条件进行规划控制：

1、建设用地情况

1.1 用地的位置与范围：该项目规划选址在甘肃酒泉核技术产业园嘉策铁路西侧，现状道路东侧地块，规划总用地面积 133134 平方米（200 亩）。

1.2 建筑、环境等现状情况：/

1.3 规划建设用地面积约：133134平方米（不含地块内规划道路用地面积）

1.4 代征城市公共用地面积约：/平方米

1.5 其他用地面积约：/平方米

1.6 拆建比：/

2、建设用地使用性质

2.1 使用性质：工业用地

2.2 可兼容性质及其所占比例控制：按规范控制要求规划设计

3、建设用地使用强度

3.1 容积率： \leq 1（不含地下部分的建筑面积）

3.2 建筑密度： \leq 40 %

3.3 绿地率： \geq 10 %

3.4 其他使用强度指标：/

4、规划设计要求

4.1 日照执行标准：按照《建筑采光设计标准》GB50033 的规定规划设计。

4.2 建筑规模：地上总建筑面积 \leq 133134 m²（以审定设计方案为准）。

4.3 建筑主体高度： \leq 24 m（自室外地平算起）。

4.4 建筑层数：拟建建筑主体层数不得超过 4 层。

4.5 建筑退让和间距要求：应满足《城市规划管理技术规定》、《甘肃省城镇规划管理技术规程》、《工业建筑设计规范》、《建筑设计防火规范》、《石油化工企业设计防火标准》等相关规范要求。同时应满足日照、消防、卫生、环境保护、视觉干扰、防灾、通风、工程管线敷设和建筑保护等间距设计要求。

相邻道路名称及等级：拟建项目区西侧为园区道路，道路等级均为三级。

建筑退道路红线距离（ \geq ）：沿道路布置的建筑（包括裙房）净退道路红线距离详见附图。

建筑退用地边界线距离（ \geq ）：建筑净退用地界线距离应满足安全间距要求。

4.6 交通出入口方位

机动车：规划预留出入口不少于 2 个。

人流：规划预留出入口不少于 2 个。

4.7 停车泊位数量（应根据国家规范要求进行合理计算）

机动车停车位：20 辆，结合社会发展的实际情况，应适当增加停车位的配建数量，并满足临时停车需要。同时根据住建部《关于加强城市电动汽车充电设施规划建设工作的通知》的强制要求，基地内部要规划设计充电设施的停车位，且停车位数量不小于总停车位的 10%。

自行车不少于：自行车棚按实际情况进行设置，并规划设计电动自行车充电设施及位置。

4.8 绿化

绿地率： \geq 10 %

（屋面绿化不计入绿地面积；地下室或半地下室上覆土层在 3.0 米以下的绿地不计入绿地面积，覆土层在 3.0 米以上的可计入绿地面积。）

保留古树及其他保留的树木：/

集中公共绿地面积：不小于 13313.49 m²

人均绿地面积:不小于 \geq m²

5、城市设计要求（包括建筑的体量、色彩、材料，环境质量要求等）：

5.1、建筑平面：基地规划布局应综合考虑周边环境、路网结构、公建与住宅、公寓布局、群体组合、地下空间、绿地系统及空间环境的内在联系。建筑物平面功能应满足平面布置合理，功能分区明确，配套设施齐全的要求，确保居民对物质与文化、生理和心理的需求，以及安全、防灾、避灾等措施，通过不同的手法和群体空间设计，构成一个完善的、多样化的建筑群体空间。

5.2、建筑风格：建筑风格、建筑色彩必须符合甘肃酒泉核技术产业园规划区设计控制要求，以现代风格为主，建筑立面造型应丰富、别致并有特色，并与周边建筑相协调。

5.3、建筑体量及空间组合：建筑物的形态、体量、尺度、色彩以及空间组合关系应与周围的环境相协调，同时严格按照控制指标进行建筑体量和空间布置设计。

5.4、立面造型：建筑立面造型应丰富、别致并有特色，并与中核龙瑞已建成的厂前区建筑色彩、造型协调，建筑立面上应注意细部处理，临街建筑物的底层、主要入口处和顶部应作重点处理。

5.5、建筑色彩：建筑色彩必须符合甘肃酒泉核技术产业园规划区设计风格控制要求。

5.6、照明设计：配套设计道路照明系统，楼道内设计声控照明设施；按规范标准设置路灯等设施。

5.7、建筑结构要求：规划设计的厂房等建筑物建筑结构应采用框架结构或钢结构加气块填充墙结构

6、防灾要求：

6.1 消防要求：设计必须符合《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 要求。

6.2 抗震要求：设计必须符合《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 要求。

6.3 避雷要求：设计必须符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2011 要求。

7、市政要求：项目规划区内各项市政设施系统必须符合园区市政工程施工规划，并与主体工程同步规划、设计、实施。

7.1、供水工程实行分户供水控制，室外供水管道材质必须采用 PE 管，规划区内供水管管径在 DN160 以上，室内供水管道材质采用 PPR 管，水表采用无源光电防滴漏水表，并在规划总图中标明接供位置，同时还应做好供水安全工作，要采取有效措施，防止有毒有害物质污染市政自来水。

7.2、室外排水管道材质必须采用 HDPE 双壁波纹管，管径在 DN200 以上。雨水管道设计采用雨污合流方式，按规范要求合理设置雨水篦子井，并在规划总图中标明接供位置。各类污水应处理应按规范要求进行处埋，监测达到国家排放标准后方可排放。为防止污染地下水源，有害工业污水和生活污水不得排入渗坑或渗井等。

7.3、供热工程按照甘肃省《民用建筑集中采暖供热计量技术规程》进行规划设计。

7.4、配套设计照明系统，按规范标准设置路灯等设施。

7.5、规划区内电力、电讯支管道必须符合电力、电讯规划，规划控制区内不得有架空线路。

7.6、规划区内无障碍设计按《城市道路和建筑物无障碍设计规范》的要求配套设计。

7.7、结合场地地形和项目特点，按规范要求编制竖向设计。

7.8、根据《安全治安防范系统通用技术要求》配套设计安防系统，并与建设同步设计、同步施工、同步交付使用。

8、环保要求：根据《工业企业设计卫生标准》相关规范要求，化工企业设计应符合现行的工业“三废”排放等标准的有关规定。新建的化工企业，必须把各种有害因素的治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。化工企业的生产区、废渣堆放场和废水处理场等用地及生活饮用水水源、工业废水和生活污水排放地点，应同时选择，并应符合建设规划的要求。必须按照规划设计条件，在受让场地内预留公共开放空间，并按规范要求承担本项目范围内的公建配套和基础配套设施，具体配套内容为：规划红线内道路、给排水、供热、电力、电讯、围墙、环卫、照明等公共服务设施。

9、其他规划要求

9.1、具体规划设计必须符合《城市规划管理技术规定》、《甘肃省城镇规划管理技术规程》、《工业建筑设计规范》、《建筑设计防火规范》、《石油化工企业设计防火标准》等相关规范要求。

9.2、本通知书所列规划条件是审查设计方案的依据，若建设用地面积调整或其他条件变化，本通知书应报我局重新核发。

9.3、持本通知书委托具有符合承担本工程设计资格及业务范围的设计单位进行方案设计，报审设计方案图纸装订成 A3 规格文本，并附规划设计方案电子文件（dwg 和 JPG 格式）。方案内容包括：规划总平面图、道路、竖向、公建及市政配套设施规划图、总体鸟瞰图、单体立面效果图、单体建筑楼层布置平面图、绿化工程规划图、基地整体亮化效果图和单体建筑亮化效果图。

9.4、项目规划区内所有用地均按建设用地进行规划设计。

9.5、本项目建设在满足上述规划设计条件要求外，还须符合《中华人民共和国城乡规划法》、《甘肃省城乡规划法管理条例》等国家、省、市现行有关法律、法规、标准、规范及强制性条文等要求，今后建设以经审批的该用地文件及图件为准。

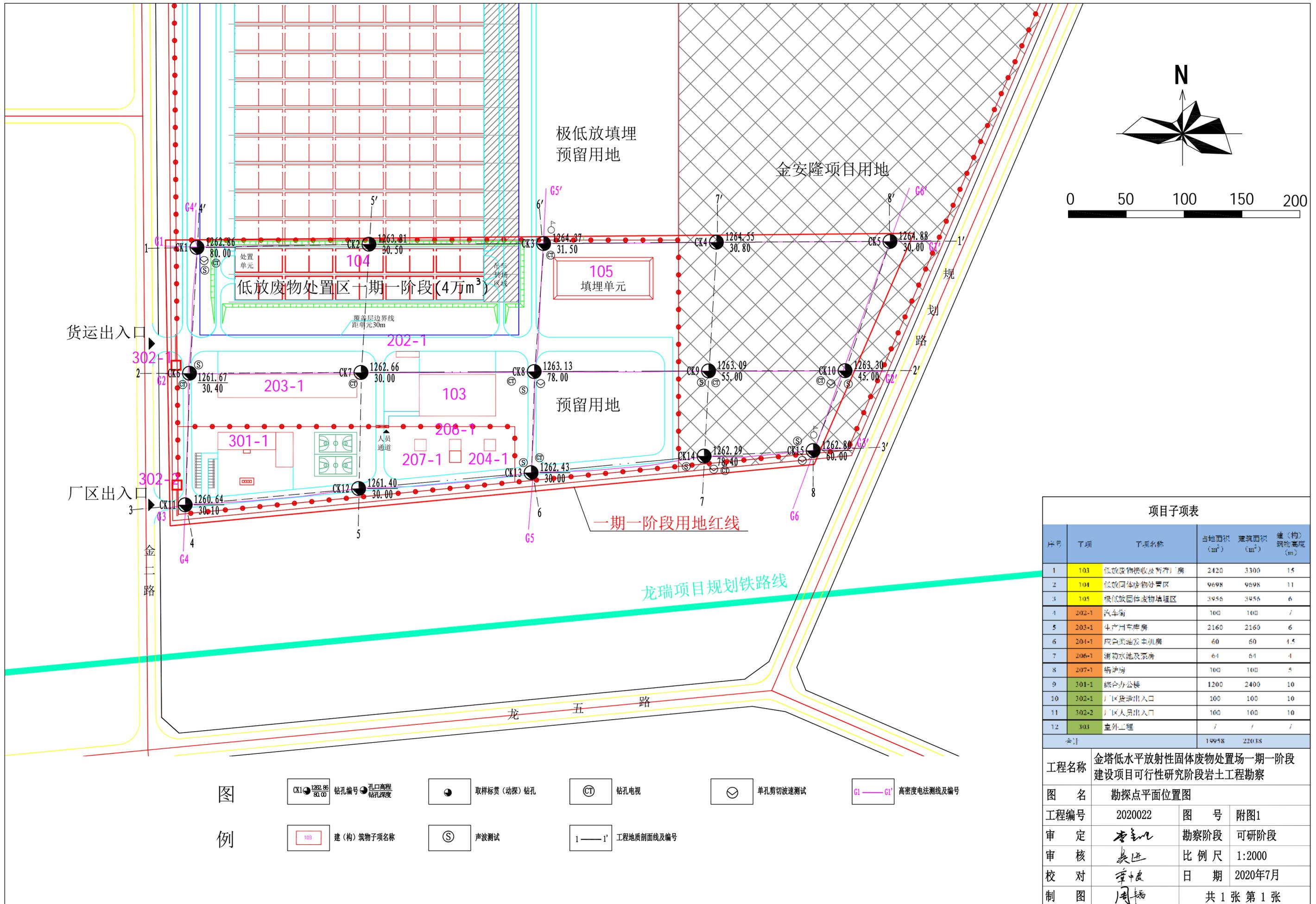
9.6 本通知书有效期 2 年，1 年内应进行方案设计并办理报批手续，逾期自行无效。

10、附图（附图与上述规划条件相一致且同时使用方为有效文件。）

附：金塔低水平放射性固体废物处置场、极低水平放射性废物填埋场及低水平放射性废物贮存库一期一阶段建设项目用地规划图



（取件人姓名：_____ 取件日期：_____年____月____日）



项目子项表					
序号	子项	子项名称	占地面积 (m ²)	建筑面积 (m ²)	建(构)筑物高度 (m)
1	103	低放废物接收及暂存厂房	2420	3300	15
2	104	低放固体废物处置区	9698	9698	11
3	105	极低放固体废物填埋区	3956	3956	6
4	202-1	汽车库	100	100	7
5	203-1	生产用车库房	2160	2160	6
6	204-1	应急柴油发电机房	60	60	4.5
7	206-1	消防水池及泵房	64	64	4
8	207-1	喷漆房	100	100	5
9	301-1	综合办公楼	1200	2400	10
10	302-1	厂区货运出入口	100	100	10
11	302-2	厂区人员出入口	100	100	10
12	303	室外工程	/	/	/
合计			19958	22038	

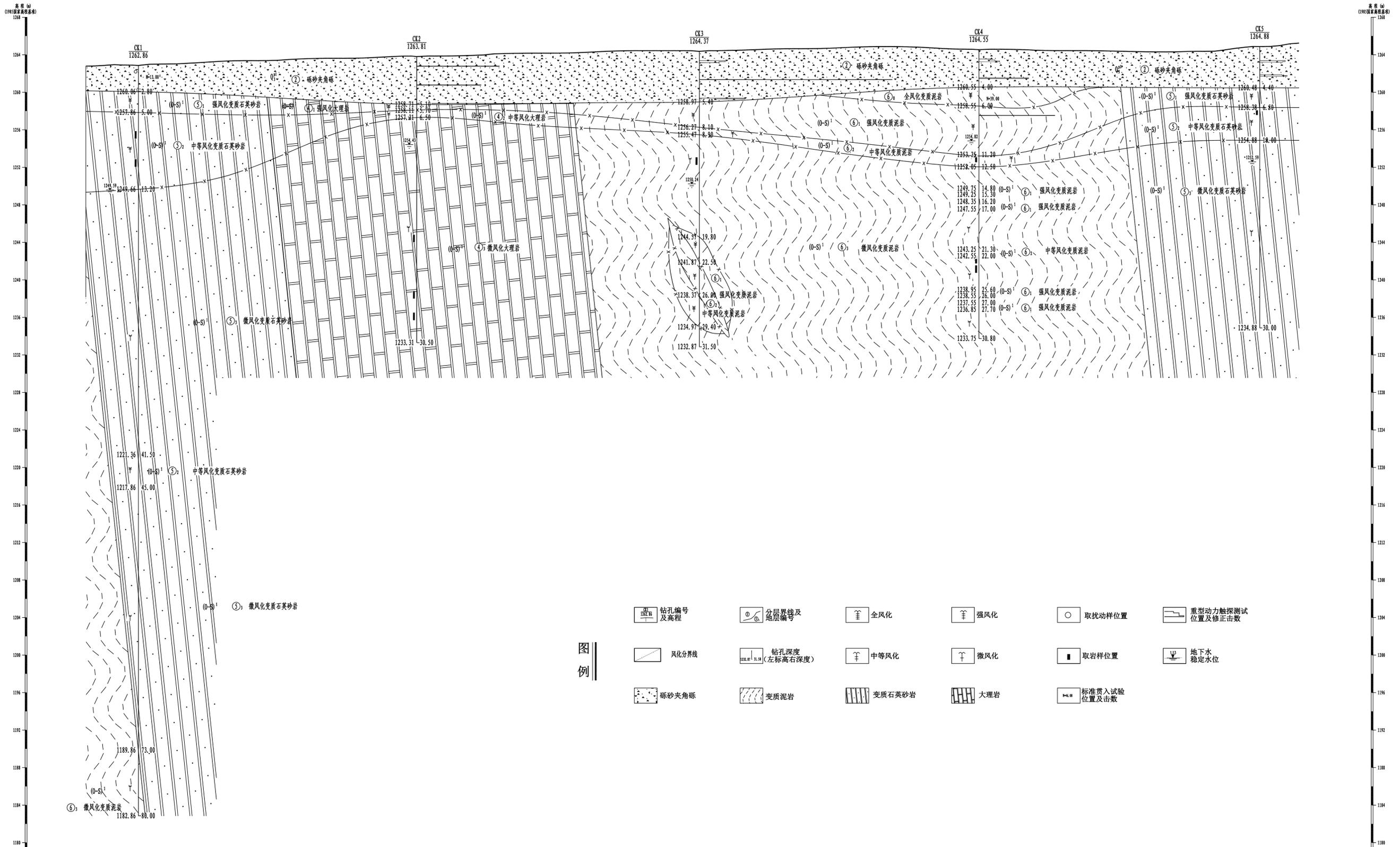
- 图例**
- CK1 ● 1262.86 / 80.00 钻孔编号 ● 孔口高程 / 钻孔深度
 - 取样标贯(动探)钻孔
 - ⊙ 钻孔电视
 - ⊖ 单孔剪切波速测试
 - G1 — G1' 高密度电法测线及编号
 - 103 建(构)筑物子项名称
 - ⊙ 声波测试
 - 1 — 1' 工程地质剖面线及编号

工程名称	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		
图名	勘探点平面位置图		
工程编号	2020022	图号	附图1
审定	李进	勘察阶段	可研阶段
审核	李进	比例尺	1:2000
校对	李进	日期	2020年7月
制图	周轲	共1张第1张	

工程地质剖面图

水平比例: 1:1000
垂直比例: 1:200

1——1'



图例

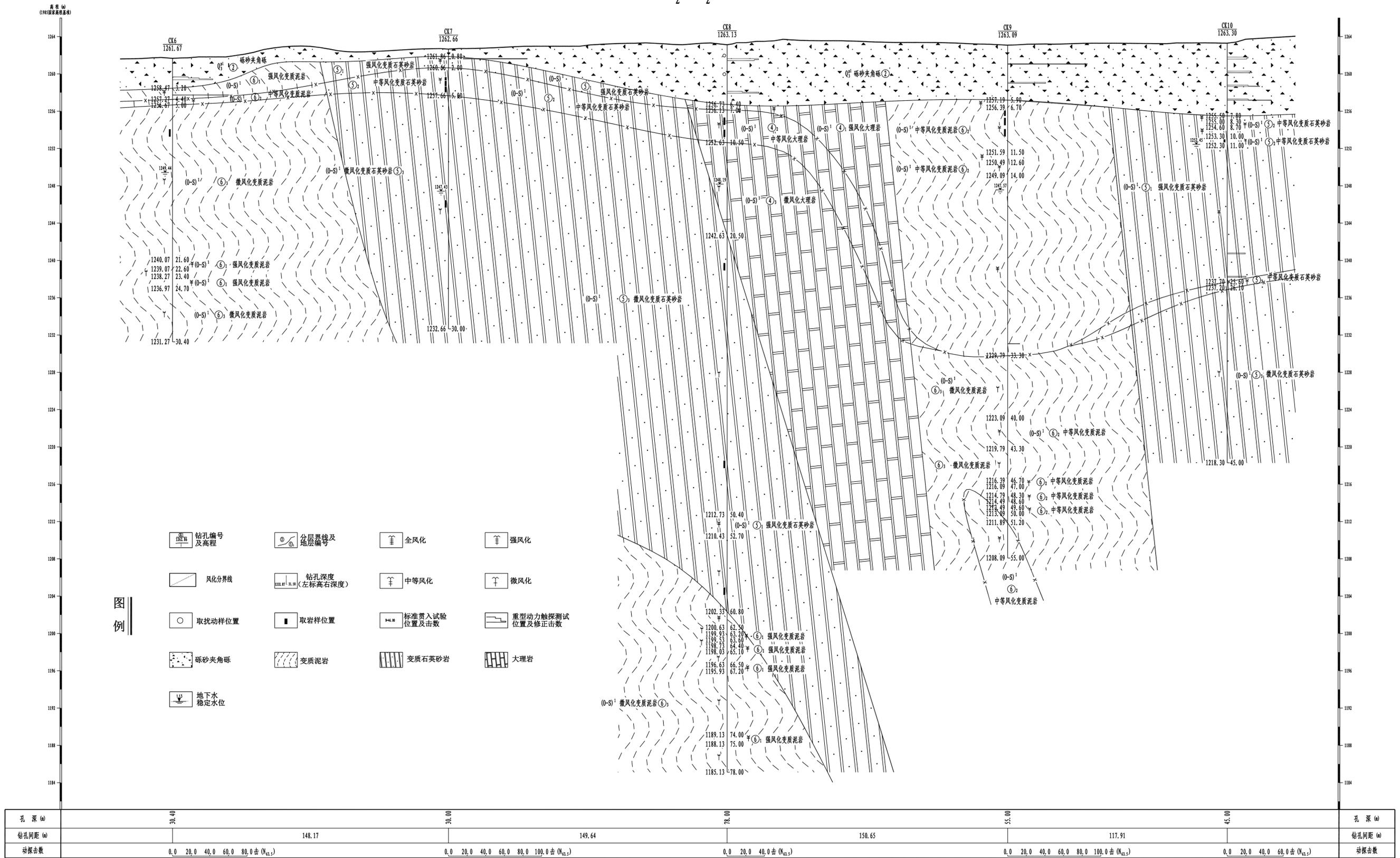
- [Symbol] 钻孔编号及高程
- [Symbol] 分层界线及地层编号
- [Symbol] 全风化
- [Symbol] 强风化
- [Symbol] 取扰动样位置
- [Symbol] 重型动力触探测试位置及修正击数
- [Symbol] 风化分界线
- [Symbol] 钻孔深度 (左标高右深度)
- [Symbol] 中等风化
- [Symbol] 微风化
- [Symbol] 取岩样位置
- [Symbol] 地下水稳定水位
- [Symbol] 砾砂夹角砾
- [Symbol] 变质泥岩
- [Symbol] 变质石英砂岩
- [Symbol] 大理岩
- [Symbol] 标准贯入试验位置及击数

孔深 (m)	80.00	30.50	31.50	30.00	孔深 (m)
钻孔间距 (m)	148.60	150.89	149.26	149.97	钻孔间距 (m)
动探击数	0.0 20.0 击 (N _{63.5})	0.0 20.0 40.0 60.0 80.0 100.0 120.0 140.0 160.0 180.0 击 (N _{63.5})	0.0 20.0 40.0 60.0 80.0 100.0 120.0 140.0 160.0 180.0 200.0 220.0 击 (N _{63.5})	0.0 20.0 40.0 60.0 80.0 击 (N _{63.5})	0.0 20.0 40.0 击 (N _{63.5})

工程地质剖面图

水平比例: 1:1000
垂直比例: 1:200

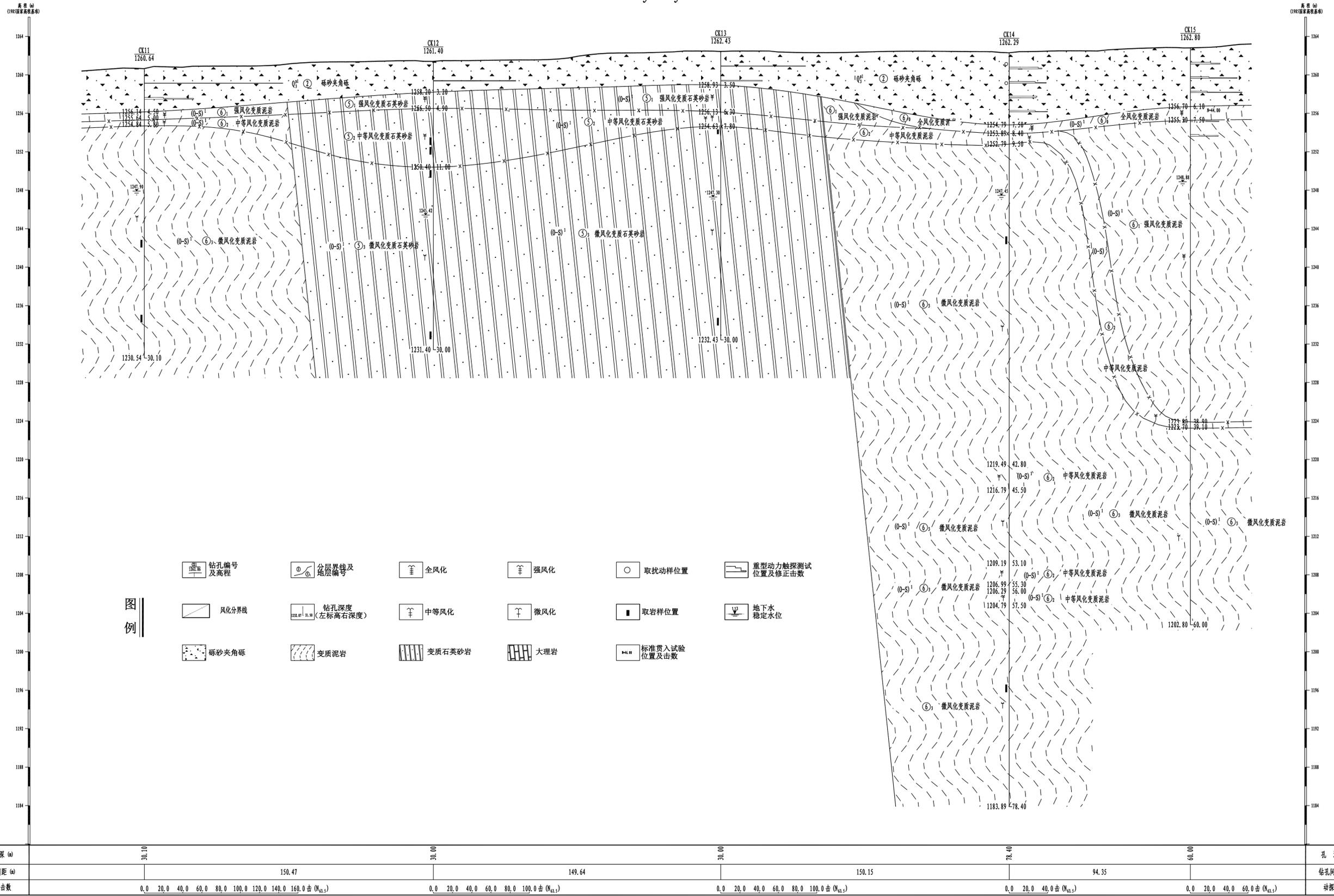
2——2'



工程地质剖面图

水平比例: 1:1000
垂直比例: 1:200

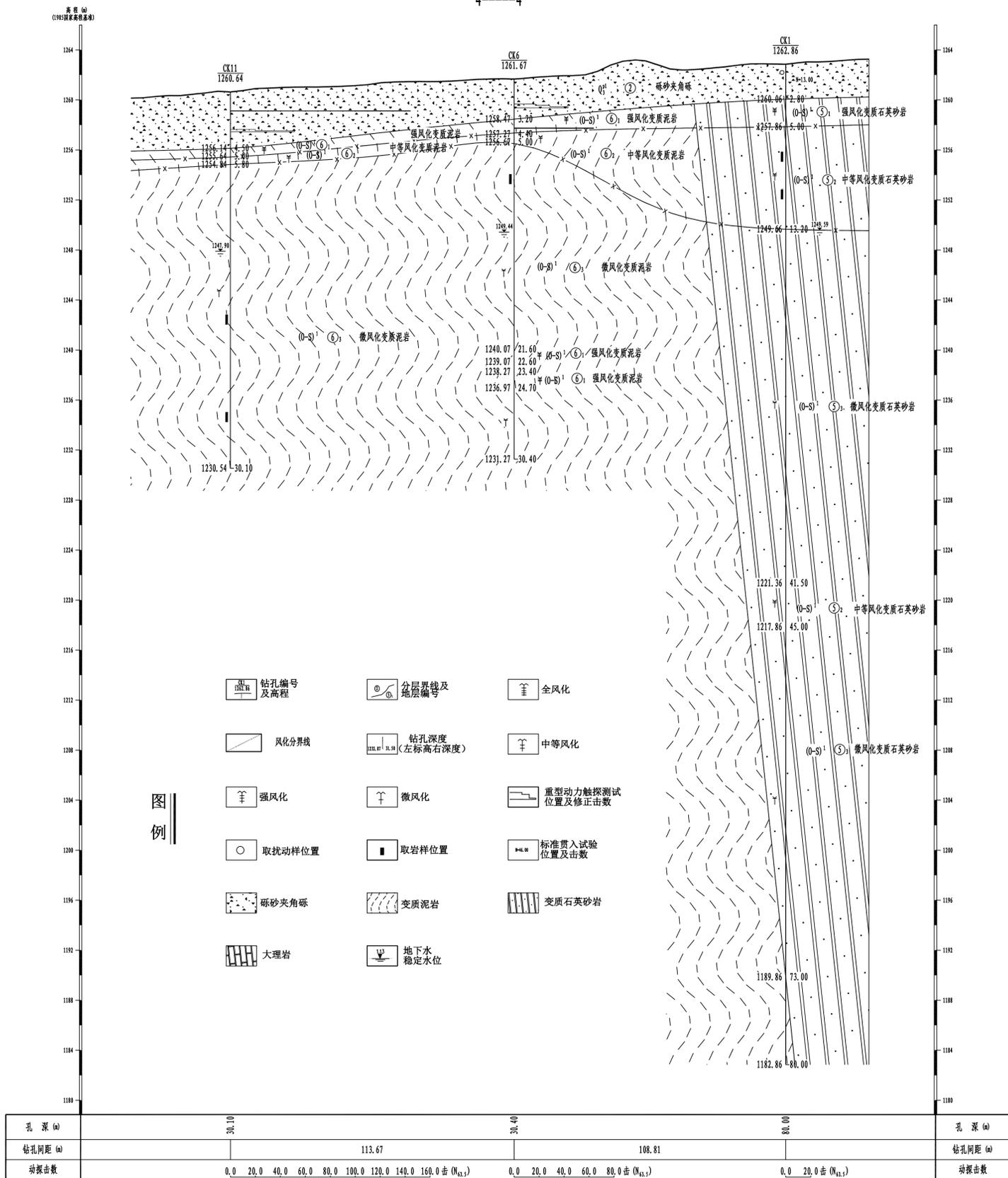
3——3'



工程地质剖面图

水平比例: 1:1000
垂直比例: 1:200

4——4'

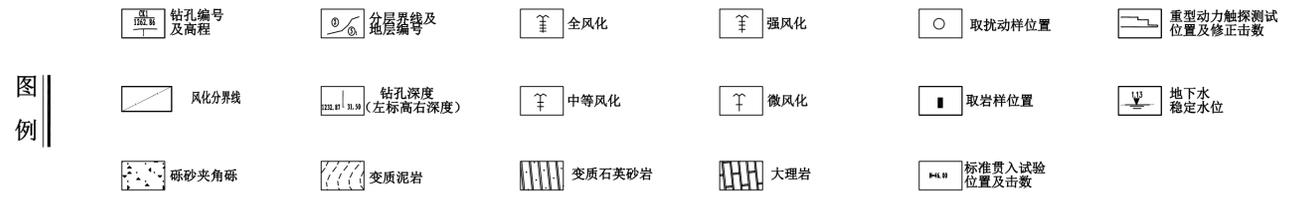
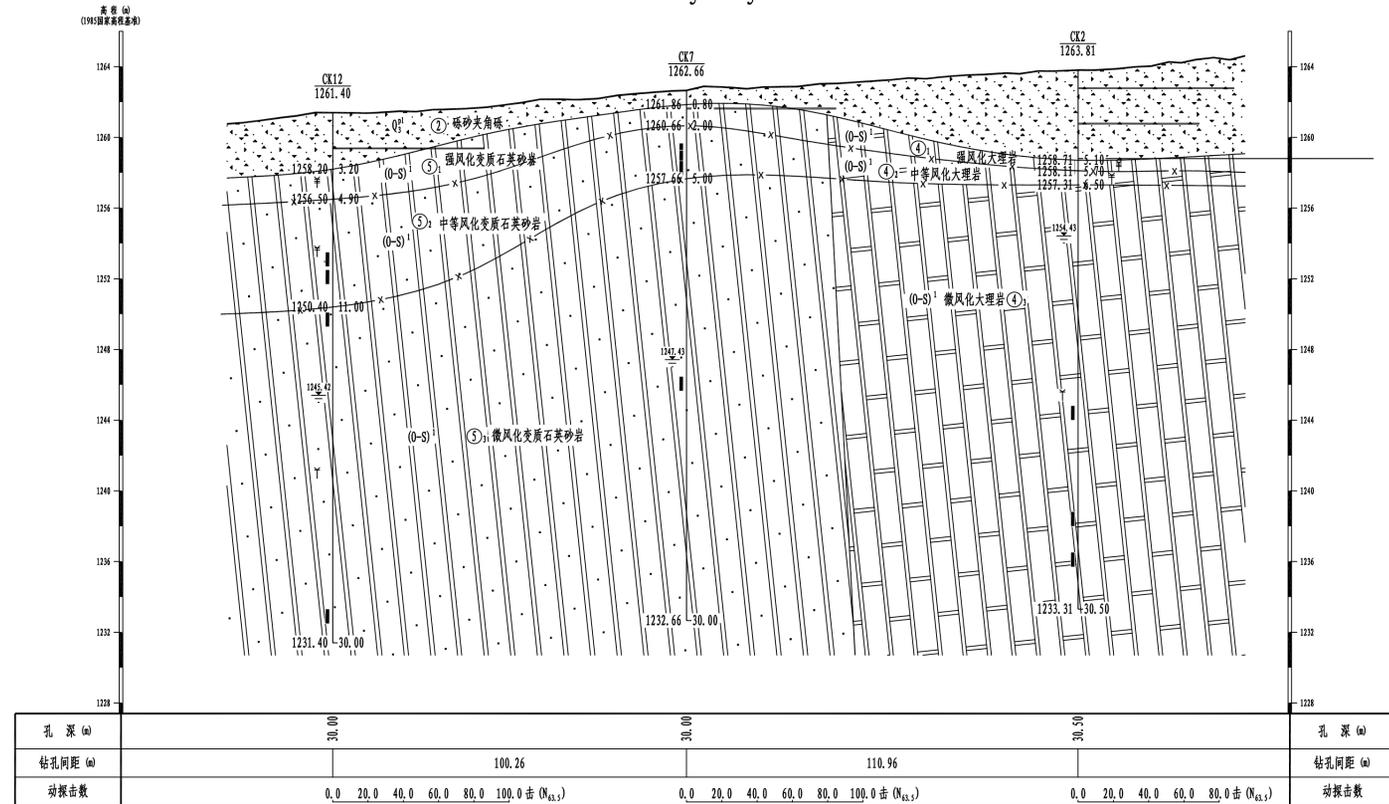


图例

- 钻孔编号及高程
- 分层界线及地层编号
- 全风化
- 风化分界线
- 钻孔深度 (左标高右深度)
- 中等风化
- 强风化
- 微风化
- 重型动力触探测试位置及修正击数
- 取扰动样位置
- 取岩样位置
- 标准贯入试验位置及击数
- 砾砂夹角砾
- 变质泥岩
- 变质石英砂岩
- 大理岩
- 地下水稳定水位

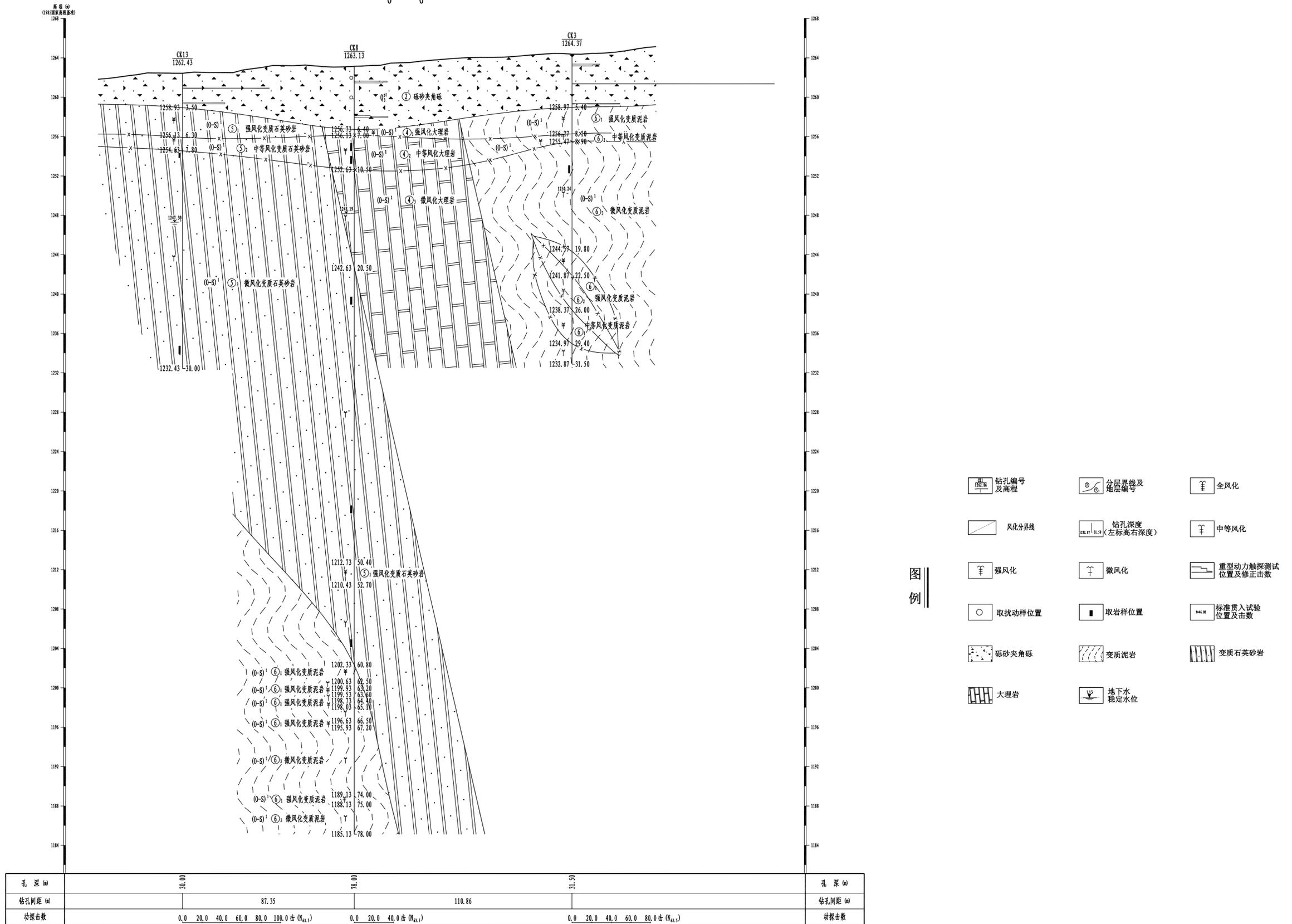
工程地质剖面图

水平比例: 1:1000
垂直比例: 1:200
5——5'



工程地质剖面图

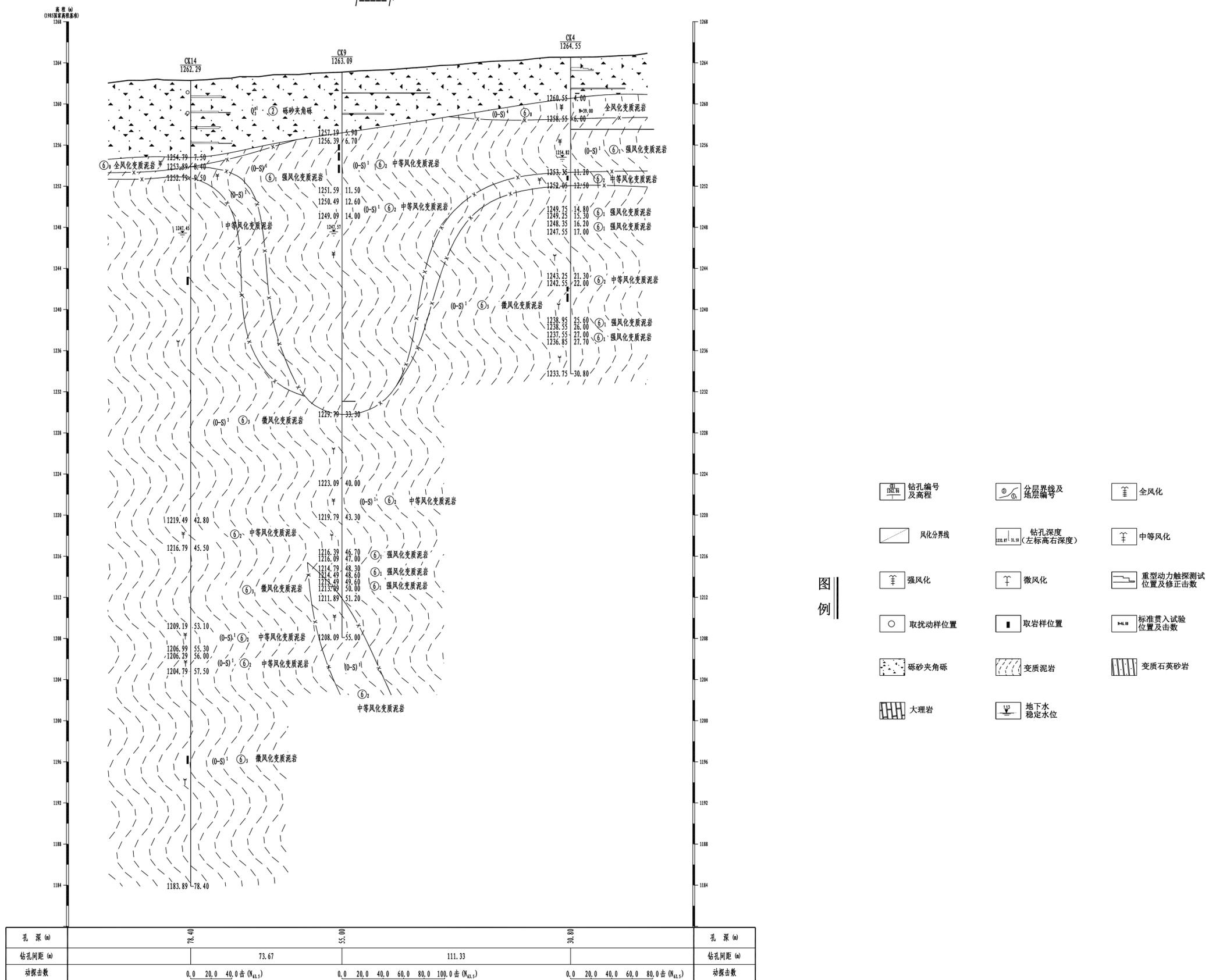
水平比例: 1:1000
垂直比例: 1:200
6——6'



工程地质剖面图

水平比例: 1:1000
垂直比例: 1:200

7——7'

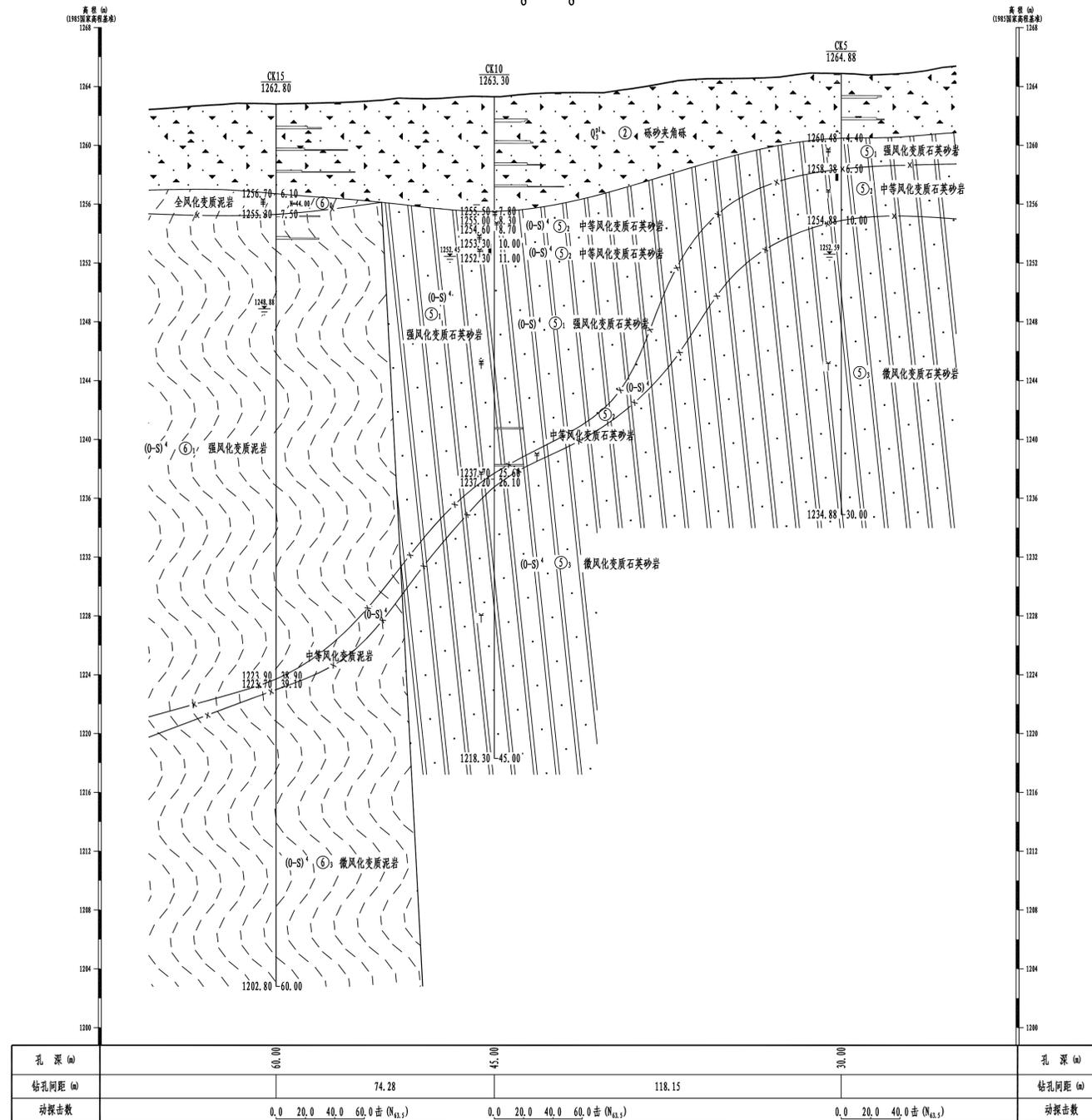


图例

- 钻孔编号及高程
- 风化分界线
- 强风化
- 取扰动样位置
- 砾砂夹角砾
- 大理岩
- 分层界线及地层编号
- 钻孔深度 (左标高右深度)
- 微风化
- 取岩样位置
- 变质泥岩
- 全风化
- 中等风化
- 强风化
- 标准贯入试验位置及修正击数
- 变质石英砂岩
- 地下水稳定水位

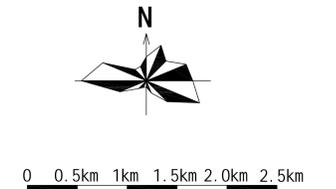
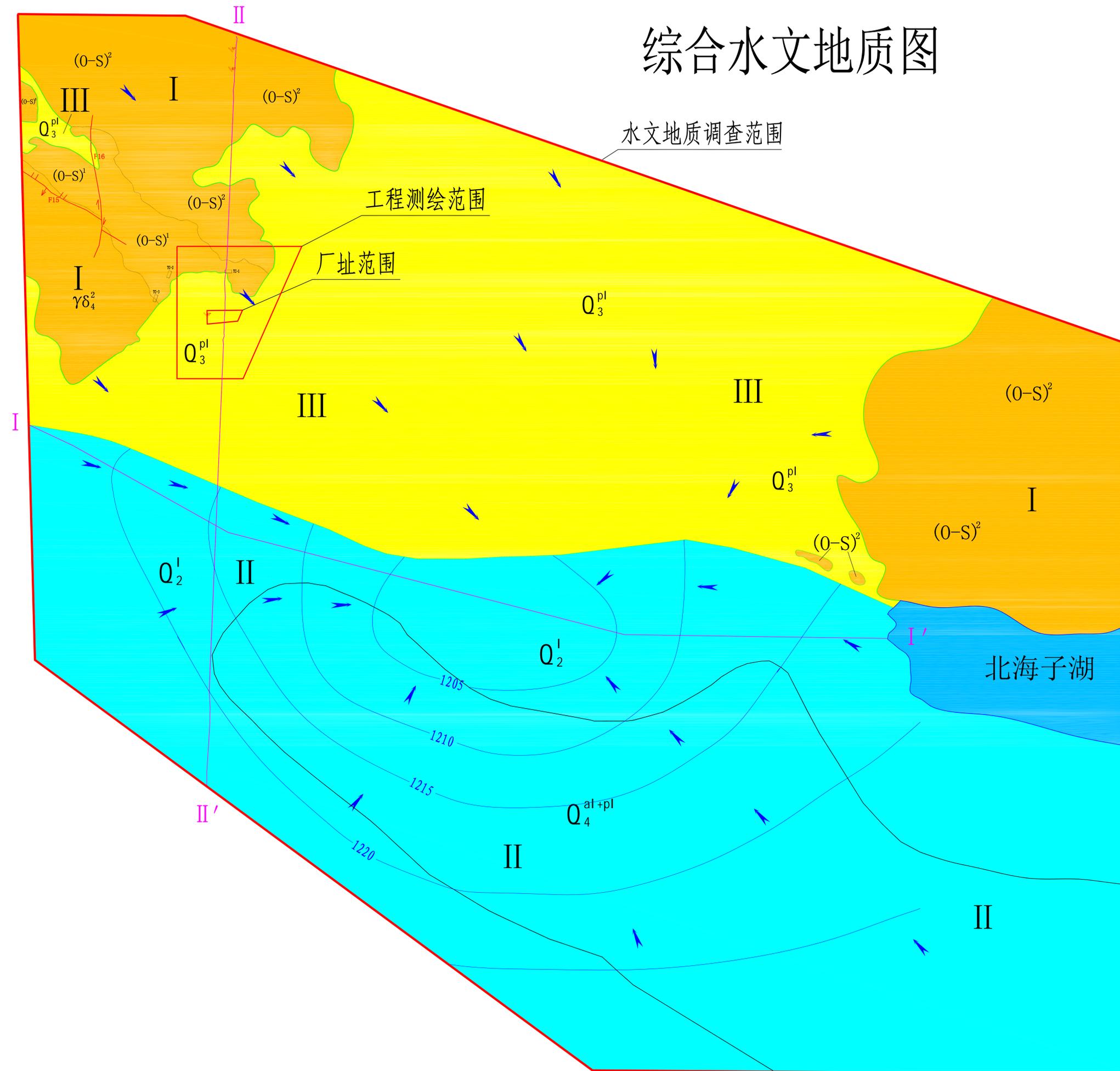
工程地质剖面图

水平比例: 1:1000
垂直比例: 1:200
8——8'



- ### 图例
- | | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 钻孔编号及高程 风化分界线 强风化 取扰动样位置 砾砂夹角砾 大理岩 | <ul style="list-style-type: none"> 分层界线及地层编号 钻孔深度 (左标高右深度) 微风化 取岩样位置 变质泥岩 地下水稳定水位 | <ul style="list-style-type: none"> 全风化 中等风化 重型动力触探测试位置及修正击数 标准贯入试验位置及击数 变质石英砂岩 |
|---|---|--|

综合水文地质图



图例

- 一、地质要素
- Q_4^{al+pl} 第四系全新统冲洪积层
 - Q_4^s 第四系上更新统洪积层
 - Q_2^I 第四系中更新统湖积层
 - γQ_4^2 海西中期震云母花岗岩闪长岩
 - $(O-S)^1$ 奥陶-志留系大理岩(变质石英砂岩)
 - $(O-S)^2$ 奥陶-志留系震云母角闪片岩
 - 地质界线
 - 水文地质单元边界线
 - 断层
 - 实测水文地质剖面
 - 地表水体
 - 片麻产状
- 二、地下水类型及富水性
1. 基岩裂隙水
 - I 水量极贫乏
 2. 松散岩类孔隙潜水
 - II 水量中等
 3. 松散岩类孔隙潜水
 - III 不均匀含水层
- 三、水文地质要素
- 地下水流向
 - 等水位线
 - 水文地质单元代号

工程名称	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		
图名	综合水文地质图		
工程编号	2020022	图号	附图2-3
审定	李进	勘察阶段	可研阶段
审核	李进	比例尺	1:25000
校对	李进	日期	2020年7月
制图	周楠	共3张 第3张	

高程 (m)
(1985国家高程基准)

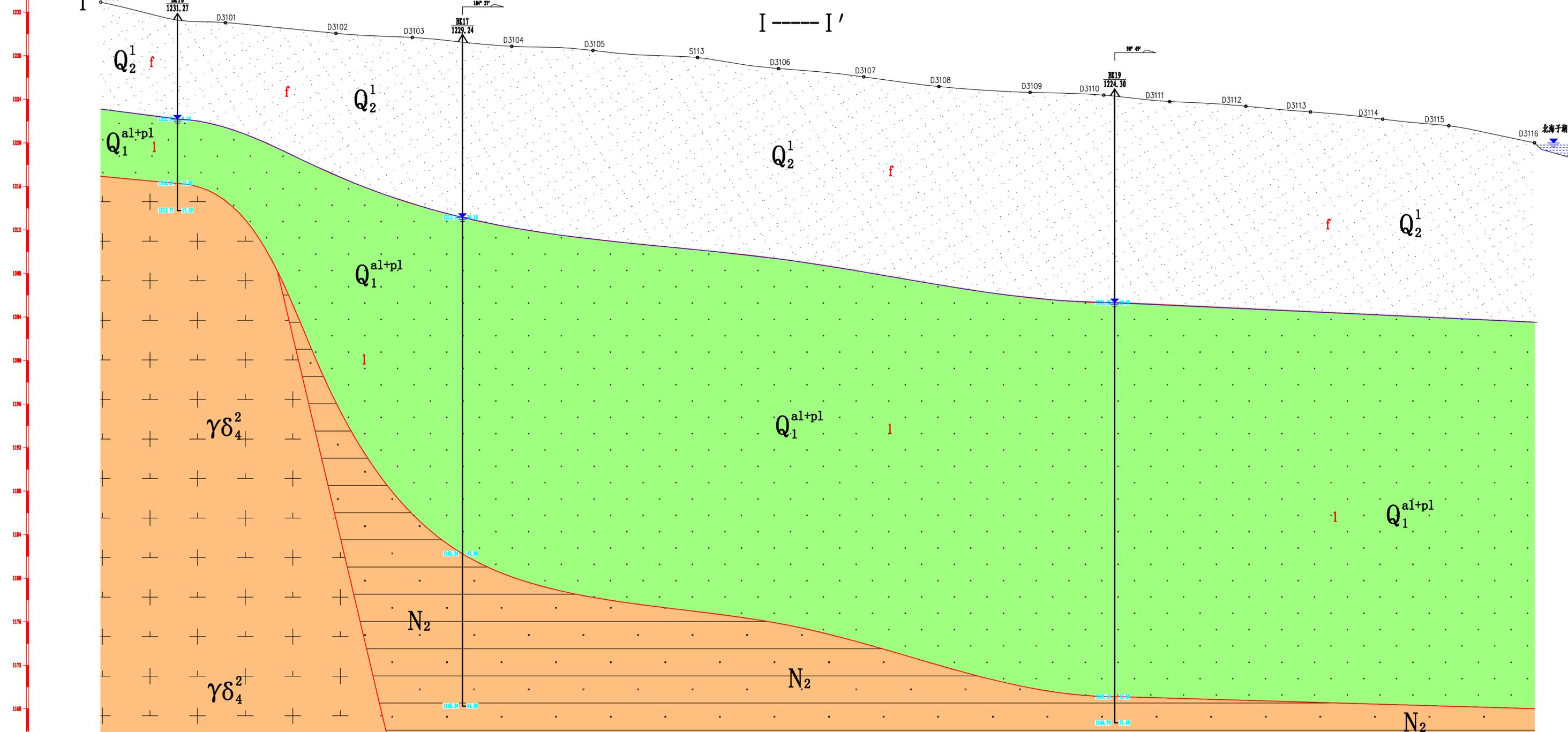
实测水文地质剖面图

水平比例: 1:25000
垂直比例: 1:200

I—I'

剖面图图例

- 松散岩类孔隙水
- 基岩裂隙水
- Q_2^1 第四系中更新统湖积层
- Q_1^{al+pl} 第四系下更新统冲洪积层
- N_2 新第三系上新统沉积层
- $\gamma\delta_4^2$ 海西中期黑云母花岗岩闪长岩
- f 粉砂
- l 砾砂
- + + + 黑云母花岗岩闪长岩
- 砂岩
- 地下水位
- 地质界线
- BK19
1224.30 钻孔编号
孔口标高
- D3116 地质点及编号



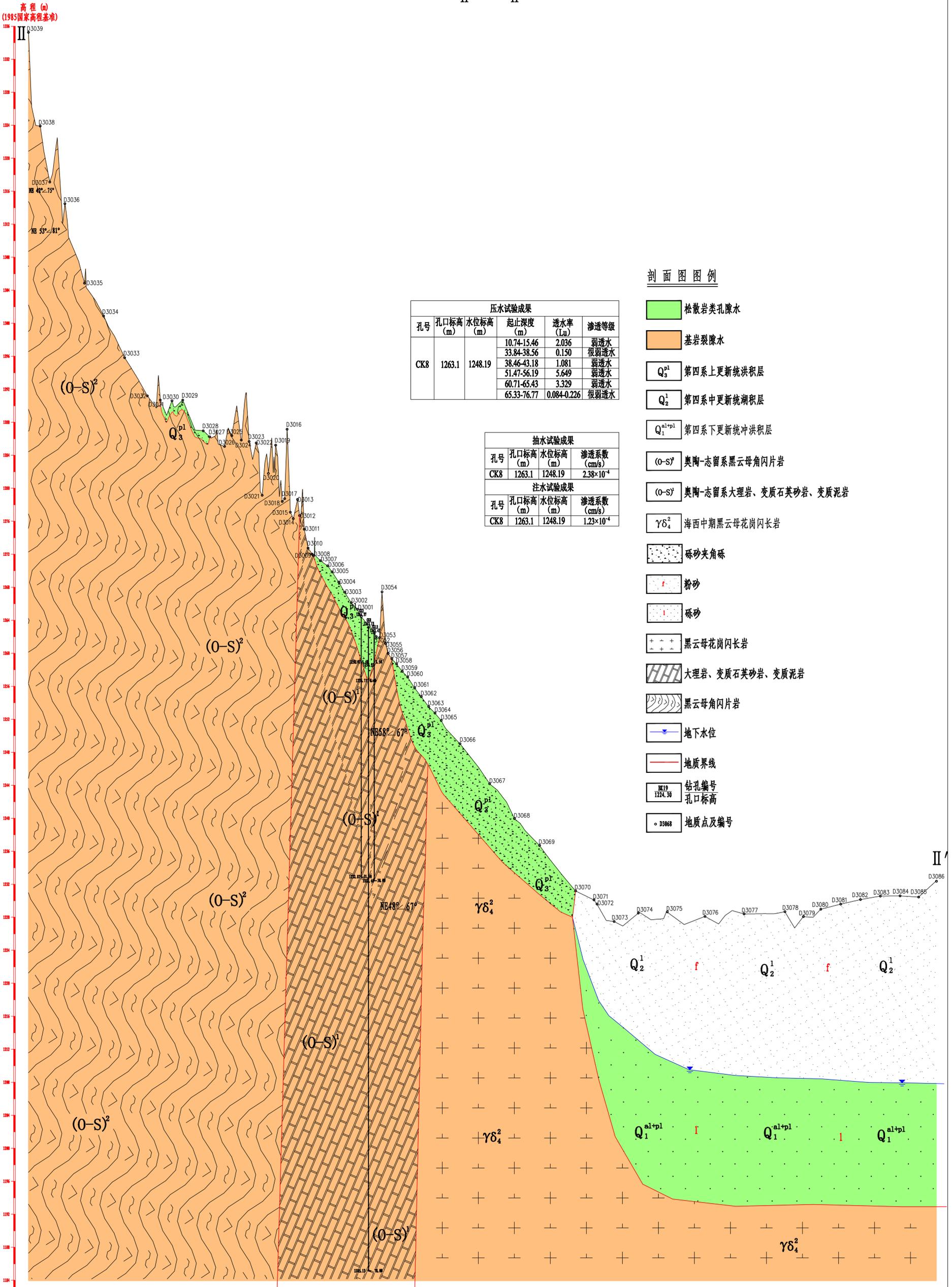
孔深 (m)	11.8	0.8	142.65	31.8
钻孔间距 (m)	323.14	142.65		

工程名称	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		
图名	实测水文地质剖面图		
工程编号	2020022	图号	附图3-1
审定	李进	勘察阶段	可研阶段
审核	李进	比例尺	水平比例: 1:25000 垂直比例: 1:200
校对	李进	日期	2020年7月
制图	朱品	共 10 张 第 1 张	

实测水文地质剖面图

水平比例: 1:25000
垂直比例: 1:200

II-----II'



孔号	孔口标高 (m)	水位标高 (m)	起止深度 (m)	透水性 (Lu)	渗透等级
CK8	1263.1	1248.19	10.74-15.46	2.036	弱透水
			33.84-38.56	0.150	很弱透水
			38.46-43.18	1.081	弱透水
			51.47-56.19	5.649	弱透水
			60.71-65.43	3.329	弱透水
			65.33-76.77	0.084-0.226	很弱透水

孔号	孔口标高 (m)	水位标高 (m)	渗透系数 (cm/s)
CK8	1263.1	1248.19	2.38×10^{-4}

孔号	孔口标高 (m)	水位标高 (m)	渗透系数 (cm/s)
CK8	1263.1	1248.19	1.23×10^{-4}

剖面图图例

- 松散岩类孔隙水
- 基岩裂隙水
- Q_3^{pl} 第四系上更新统洪积层
- Q_2^1 第四系中更新统洪积层
- Q_1^{al+pl} 第四系下更新统洪积层
- (O-S)³ 奥陶-志留系黑云角闪片岩
- (O-S)² 奥陶-志留系大理岩、变质石英砂岩、变质泥岩
- γ_6^2 海西中期黑云母花岗岩
- 砾砂夹角砾
- 粉砂
- 砾砂
- 黑云母花岗岩
- 大理岩、变质石英砂岩、变质泥岩
- 黑云母角闪片岩
- 地下水位
- 地质界线
- 钻孔编号
1224.30
孔口标高
- D3068 地质点及编号

来源	
编制	

工程名称	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		
图名	实测水文地质剖面图		
工程编号	2020022	图号	附图3-2
审定	李长	勘察阶段	可研阶段
审核	李长	比例尺	水平比例: 1:25000 垂直比例: 1:200
校对	李长	日期	2020年7月
制图	李长	共 10 张	第 2 张