

ICS 93.020

CCS E 16

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P

SY/T 7680—2023

石油类污染场地岩土工程 勘察与修复技术规范

**Technical specification for petroleum contaminated site
geotechnical investigation and remediation**

2023—05—26 发布

2023—11—26 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

石油类污染场地岩土工程
勘察与修复技术规范

Technical specification for petroleum contaminated site
geotechnical investigation and remediation

SY/T 7680—2023

主编部门：中国石油天然气集团有限公司

批准部门：国家能源局

施行日期：2023年11月26日

石油工业出版社

2023 北京

国家能源局

公 告

2023 年 第 4 号

根据《中华人民共和国标准化法》《能源标准化管理办法》，国家能源局批准《新能源基地送电配置新型储能规划技术导则》等 310 项能源行业标准（附件 1）、《Code for Seismic Design of Hydropower Projects》等 19 项能源行业标准外文版（附件 2），现予以发布。

附件：能源行业标准目录（节选）

国家能源局
2023 年 5 月 26 日

附件

能源行业标准目录（节选）

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
267	SY/T 0069—2023	原油稳定设计规范	SY/T 0069—2008		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
268	SY/T 0071—2023	油气集输管道组成件选用规范	SY/T 0071—2010		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
269	SY/T 0076—2023	天然气脱水设计规范	SY/T 0076—2008		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
270	SY/T 0081—2023	原油热化学沉降脱水设计规范	SY/T 0081—2010		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
271	SY/T 0523—2023	油田水处理过滤器	SY/T 0523—2008		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
272	SY/T 0610—2023	地下水封洞库岩土工程勘察规范	SY/T 0610—2008		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
273	SY/T 4113.10—2023	管道防腐层性能试验方法 第10部分：冲击强度测试	SY/T 0067—1999 SY/T 0040—2013		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
274	SY/T 4113.11—2023	管道防腐层性能试验方法 第11部分：漏点检测	SY/T 0063—1999		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
275	SY/T 4113.12—2023	管道防腐层性能试验方法 第12部分：耐水浸泡	SY/T 0064—2000		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
276	SY/T 4125—2023	钢质管道焊接规程	SY/T 4125—2013		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
277	SY/T 5333—2023	钻井工程设计规范	SY/T 5333—2012		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
278	SY/T 5374.2—2023	固井作业规程 第2部分：特殊固井	SY/T 5374.2—2006		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
279	SY/T 5412—2023	下套管作业规程	SY/T 5412—2016		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
280	SY/T 5585—2023	地震勘探电缆	SY/T 5585—2014		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
281	SY/T 6374—2023	油气田生产系统经济运行规范 机械采油系统	SY/T 6374—2016		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
282	SY/T 6804—2023	海洋平台钻机设施布置要求	SY/T 6804—2010		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
283	SY/T 6841—2023	电法勘探时频电磁仪	SY/T 6841—2011		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
284	SY/T 6848—2023	地下储气库设计规范	SY/T 6848—2012		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
285	SY/T 6966—2023	输油气管道工程安全仪表系统设计规范	SY/T 6966—2013		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
286	SY/T 6967—2023	输气管道数字化系统设计规范	SY/T 6967—2013		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
287	SY/T 7022—2023	油气输送管道工程顶管法隧道穿越设计规范	SY/T 7022—2014		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
288	SY/T 7023—2023	油气输送管道工程盾构法隧道穿越设计规范	SY/T 7023—2014		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
289	SY/T 7319—2023	气田生产系统节能监测规范	SY/T 7319—2016		石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
290	SY/T 7675.1—2023	注入气—地层流体相态物性测试方法 第1部分：注气膨胀实验			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
291	SY/T 7676—2023	石油天然气钢质管道全自动超声检测			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
292	SY/T 7677—2023	湿陷性黄土地区石油天然气工程设计规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
293	SY/T 7678—2023	二氧化碳驱油田站内工艺管道施工技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
294	SY/T 7679—2023	二氧化碳驱油田集输管道施工技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
295	SY/T 7680—2023	石油类污染场地岩土工程勘察与修复技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
296	SY/T 7681—2023	油气田生产系统经济运行规范 注汽系统			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
297	SY/T 7682—2023	高含水油泥脱水干化及污染控制技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
298	SY/T 7683—2023	液化天然气带压密封技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
299	SY/T 7684—2023	大型立式圆筒形钢制焊接储罐检测技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
300	SY/T 7685—2023	陆地节点地震仪			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
301	SY/T 7686—2023	储气库库存评价技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
302	SY/T 7687—2023	气藏型储气库动态分析技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
303	SY/T 7688—2023	气藏型储气库老井封堵技术规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
304	SY/T 7689—2023	盐穴储气库腔体设计技术要求			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
305	SY/T 7690—2023	盐穴储气库造腔工程技术要求			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
306	SY/T 7691—2023	盐穴型储气库地面工程设计规范			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
307	SY/T 7692—2023	石油天然气钻采设备海洋钻井隔水管检验、修理与再制造			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
308	SY/T 7693—2023	石油天然气钻采设备 防喷器胶芯			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
309	SY/T 7694—2023	石油天然气钻采设备井口装置和采油树的修理和再制造			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26
310	SY/T 7695—2023	石油工业标准化文件的俄文译本通用表述			石油工业出版社	2023-05-26	2023-11-26

前 言

根据国家能源局《关于下达 2020 年能源领域行业标准制修订计划及外文版翻译计划的通知》（国能综通科技〔2020〕106 号）的要求，本规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规范。

本规范共分为 6 章和 4 个附录，主要技术内容包括：总则、术语、勘察、土试样采集与测试、地下水监测、风险管控与修复。

本规范由国家能源局负责管理，由石油工业标准化技术委员会石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理，由青岛中油岩土工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送青岛中油岩土工程有限公司（地址：青岛市延安三路 113 号甲，邮政编码：266071）。

本规范主编单位：青岛中油岩土工程有限公司

本规范参编单位：青岛中油华东院安全环保有限公司

中国石油天然气管道工程有限公司

中石化江汉石油工程设计有限公司

本规范主要起草人：张德永 钱 明 方浩亮 郭书太

史耀民 肖 勇 盛连成 马永峰

王玉洲 张志豪 代云清 陈浩玺

孟凡伟 李成刚 张仕林 刘元钊

郭世超

本规范主要审查人：陈情来 王小林 林 冉 胡树林

亢会明 高理华 梁林佐 杨风学

徐帅陵 耿生明 刘立凯 高 剑

尚小卫 肖普三

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	勘察	4
3.1	一般规定	4
3.2	初步勘察	4
3.3	详细勘察	5
3.4	勘探方法	6
3.5	勘察报告	7
4	土试样采集与测试	9
5	地下水监测	11
5.1	监测井布置	11
5.2	建井	12
5.3	监测项目	12
5.4	地下水试样采集与测试	13
6	风险管控与修复	15
6.1	管控与修复目标	15
6.2	风险管控技术	15
6.3	修复技术筛选	16
6.4	土壤修复技术	16
6.5	地下水修复技术	17
附录 A	钻孔采样记录单格式	19
附录 B	地下水监测井井身结构示意图	20
附录 C	监测井洗井记录单格式	21
附录 D	地下水采样记录单格式	22
	标准用词说明	23

引用标准名录·····	24
附：条文说明·····	25

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Investigation	4
3.1	Basic requirements	4
3.2	Preliminary investigation	4
3.3	Detailed investigation	5
3.4	Investigation method	6
3.5	Investigation report	7
4	Collection and preservation of soil samples	9
5	Groundwater monitoring	11
5.1	Layout of groundwater monitoring well	11
5.2	Well construction	12
5.3	Monitoring items	12
5.4	Collection and testing of groundwater samples	13
6	Risk control and remediation	15
6.1	Risk control and remediation targets	15
6.2	Risk control	15
6.3	Screening of remediation technology	16
6.4	Soil remediation technology	16
6.5	Groundwater remediation technology	17
Appendix A	Borehole sampling record sheet	19
Appendix B	Schematic diagram of borehole structure of groundwater monitoring well	20
Appendix C	Record sheet of monitoring well flushing	21
Appendix D	Groundwater sampling record sheet	22

Explanation of wording in this code	23
List of quoted standards	24
Addition ; Explanation of provisions	25

1 总 则

1.0.1 为了统一建设用地石油类污染场地岩土工程勘察与修复技术的规定，做到技术先进、经济合理、保护环境，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于建设用地石油类污染场地的岩土工程勘察与修复。

1.0.3 污染场地修复前应进行岩土工程勘察。

1.0.4 污染场地岩土工程勘察及修复过程中，应符合环境保护、安全及职业健康的相关要求，避免发生二次污染。

1.0.5 石油类污染场地的岩土工程勘察与修复技术除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关规范和标准的规定。

2 术 语

2.0.1 石油类污染土 **petroleum contaminated soil**

由于石油类致污物质的侵入，使土的成分、结构和性质发生了显著变异的土。

2.0.2 污染场地岩土工程勘察 **investigation of contaminated site**

针对污染场地，采用岩土工程勘察技术方法，查明并分析场地的工程地质与水文地质条件、残余废弃物、场地污染现状和发展趋势的工程活动。

2.0.3 勘探采样点 **exploration point for sampling**

为查明地层结构，采取物理力学性质测试和采集环境指标检测的土试样而布设的勘探点。

2.0.4 残余废弃物 **on-site residual material**

场地内遗留遗弃的各种与生产经营活动相关的设备、设施及其他物质，主要包括遗留的生产原料、工业废渣、废弃化学品及其污染物，残留在废弃设施、容器及管道内的固态、半固态及液态物质，以及其他与当地土壤特征有明显区别的固态物质。

2.0.5 对照采样点 **reference sampling point**

在非污染区域的同类土层或同一含水层中布设的一个或多个采样点。

2.0.6 关注污染物 **contaminant of concern**

根据地块污染特征、相关标准规范要求 and 地块利益相关方意见，确定需要进行土壤污染状况调查和土壤污染风险评估的污染物。

2.0.7 目标污染物 target contaminant

在场地环境中其数量或浓度已达到对生态系统和人体健康具有实际或潜在不利影响的，需要进行修复的关注污染物。

2.0.8 地下水污染羽 groundwater plume

污染物随地下水移动从污染源向周边移动和扩散时所形成的污染区域。

3 勘 察

3.1 一 般 规 定

3.1.1 污染场地岩土工程勘察宜分为初步勘察和详细勘察两个阶段进行，条件简单时，可直接进行详细勘察。

3.1.2 勘察工作实施前应结合场地的地质条件、水文条件、污染物种类及已有的环境调查资料，编制勘察纲要，勘察纲要除应符合现行国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017的有关规定外，还应针对石油类污染土的特点，制订环境保护、安全及职业健康防护措施。

3.1.3 勘察可采用现场调查与测绘、钻探、井探、槽探、物探、原位测试和室内试验等方法。

3.1.4 现场调查宜包括下列区域：

1 油气田井场及站场内的储罐、污水管线、采出水处理设施、含油污泥处理设施、装卸区和废水蒸发池。

2 炼化厂区的主要生产装置、储存装置、污水处理设施、废物储存场所。

3 石油储备库内的储罐、装卸区、地下管线。

4 管道线路历史上发生过污染事故的区域、集输站、分输站、泵站等。

5 加油站内的储罐区、管线区、加油岛等。

3.1.5 在产企业场地布设的勘探采样点和监测井，宜根据具体情况布置在无防渗层和不干扰企业生产的位置。

3.2 初 步 勘 察

3.2.1 初步勘察应包括下列内容：

- 1 收集与勘察场地有关的环境管理台账记录、工程地质条件、水文地质条件、岩土工程资料及周边区域类似工程经验。
- 2 收集场地内及周边现有地下水井的分布、结构资料。
- 3 初步查明地质构造、地层结构、地下水埋藏条件。
- 4 查明场地残余废弃物、地下埋藏物、邻近建（构）筑物及其分布。
- 5 查明污染源性质、污染途径，并初步查明污染土分布和污染程度。
- 6 初步判断土和水对建筑材料的腐蚀性。

3.2.2 初步勘察应以现场调查为主，宜布置适量勘探点，勘探点应布置在调查发现污染的区域。

3.2.3 勘探采样点平面布置应符合下列规定：

- 1 污染源明确的场地勘探采样点宜布置在明显存在污染的范围，单个污染范围内勘探采样点数量不应少于 3 个。
- 2 对污染源不明确的场地宜采用网格布点法，勘探采样点间距宜为 40m ~ 100m，场地面积较小时宜取小值。
- 3 在未受污染的区域布置不宜少于 3 个对照采样点；已有勘察资料能够满足评价要求时，可不布置对照采样点。

3.2.4 勘探深度应穿透污染土进入非污染土不小于 2m。

3.2.5 土试样的采样间距应符合下列规定：

- 1 土试样采集宜根据地层分布及污染物迁移情况确定，0m ~ 0.5m 应采集表层土试样，0.5m 以下采样间隔不宜大于 2m。
- 2 不同性质土层应至少采集一个土试样。
- 3 出现明显污染痕迹时，应加密取样。

3.2.6 地下水取样应符合本规范第 5.4.2 条的规定。

3.3 详细勘察

3.3.1 详细勘察应包括但不限于下列工作内容：

- 1 查明地下水类型与分布，地下水补径排条件和动态特

征，地下水与邻近地表水的关系。

2 查明场地土壤及地下水中污染物种类和浓度，污染物空间分布特征，分析场地污染途径，评价污染程度，确定污染范围。

3 提供污染场地的岩土参数和水文地质参数。

4 判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

5 收集修复设计相关要求，提出污染修复的建议。

3.3.2 勘探采样点平面布置应符合下列规定：

1 对于根据初步勘察结果确定的污染区，勘探采样点数量每 400m² 不应少于 1 个，且每个勘察场地不应少于 5 个。

2 点状渗漏导致污染的场地宜按放射状布置勘探采样点，以污染源或发现污染的勘探采样点为中心，四个方向以 10m ~ 20m 为间距布置勘探采样点。

3 面状污染的场地宜按网格布置勘探采样点，勘探线间距宜为 10m ~ 20m。

4 线状渗漏导致污染的场地宜采用放射状和网格布置勘探采样点，以线状渗漏源为基准线向两侧布置，勘探采样点间距宜为 10m ~ 20m。

3.3.3 勘探采样点深度应根据初步勘察判定的污染深度、污染物种类及污染迁移情况、地层结构等综合确定，穿透污染土进入非污染土不应小于 2m。

3.3.4 土试样采样间距除应符合本规范第 3.2.5 条规定外，确定污染土与非污染土界限时，采样间隔不宜大于 1m。

3.3.5 地下水取样应符合本规范第 5.4.2 条的规定。

3.4 勘探方法

3.4.1 勘探方法应根据场地条件、地层结构、采样及测试要求确定。

3.4.2 当污染物埋藏较浅且位于地下水位以上时，可采用槽探、

井探。

3.4.3 钻进过程中使用的循环液不应対土样造成污染。

3.4.4 钻探口径应满足取样和测试的要求。

3.4.5 钻探过程中宜采用避免污染扩散与交叉污染的套管跟进措施；当存在多层地下水时，宜采用多级套管、分层封堵的钻探方式。

3.4.6 钻探完成后，应采用无污染、低渗透材料回填封孔。

3.4.7 采用工程物探方法应符合下列规定：

1 选择对污染成分敏感、异常场与背景场差异明显的方法，解释成果宜进行钻探取样验证。

2 采用高密度电阻率法时，剖面长度宜大于6倍最大目标探测深度。

3 采用电阻率层析成像法时，布孔深度宜大于最大目标探测深度与1倍测孔间距之和，相邻测孔间距不宜大于测孔深度的1/2。

4 采用探地雷达法时，天线频率选择应根据工作条件和探测深度确定，必要时可通过现场试验确定。

3.4.8 可采用电阻率静力触探测试辅助初步查明黏性土、粉土与砂土的污染范围。

3.4.9 可采用孔压静力触探试验进行土层渗透参数的测定。

3.5 勘察报告

3.5.1 岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段编写，包括文字部分和图表部分。

3.5.2 勘察报告文字部分应包括下列内容：

1 工程概况、场地及周边情况。

2 勘察目的、任务要求和依据的技术标准。

3 勘察方法和勘察工作布置。

4 气象、水文概况。

- 5 场地地形、地貌、地层、地质构造。
- 6 岩土物理力学性质指标，提供修复设计所需岩土参数。
- 7 地下水埋藏情况、类型、流向、水位及其变化，相关含水层的水文地质参数。
- 8 水和土污染物种类、浓度及空间分布，污染途径、污染程度、污染范围。
- 9 检测结果分析和评价。
- 10 土和水的腐蚀性评价。
- 11 结论与建议。

3.5.3 勘察报告图表部分宜包括下列内容：

- 1 勘探点平面位置图。
- 2 钻孔柱状图。
- 3 工程地质剖面图。
- 4 地下水位标高等值线图。
- 5 污染物分布图。
- 6 工程物探和原位测试成果图。
- 7 勘探点一览表。
- 8 水、土试验成果图表。

4 土试样采集与测试

4.0.1 每次采样前，应对采样装置进行清洗。

4.0.2 土试样的测试方法应符合现行国家标准《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600 的规定。

4.0.3 用于石油烃（ C_6-C_9 ）分析土试样的采集、保存、运输和测试应符合国家现行标准《土壤和沉积物 石油烃（ C_6-C_9 ）的测定 吹扫捕集/气相色谱法》HJ 1020 的规定；用于石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）分析土试样的采集、保存、运输和测试应符合国家现行标准《土壤和沉积物 石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）的测定 气相色谱法》HJ 1021 的规定。

4.0.4 土试样的采集应符合下列规定：

- 1 应先采集用于测定挥发性有机物的土试样。
- 2 钻探中土试样采取宜采用静压式或直推式钻进。
- 3 探井和探槽中宜人工采取盒状土试样。

4.0.5 初步勘察阶段采取的土试样环境指标检测项目应包含下列内容：

1 现行国家标准《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600 中基本项目，其他项目中的石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、钒。

2 根据用地历史、场地周边情况、生产工艺等，可能对场地造成污染的其他项目。

4.0.6 物理力学性质试验项目和腐蚀性试验项目应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，其中物理性质试验主要包括：密度、比重、含水率、颗粒分析、渗透试验、

有机质试验等。

4.0.7 详细勘察阶段采取的土试样的室内试验应符合下列规定：

1 物理力学测试项目和腐蚀性测试项目应满足场地拟采用的修复技术的要求。

2 环境指标检测项目应为初步勘察检测结果确定的关注污染物。

4.0.8 在现场试样分析过程中，可采用便携式分析仪器设备进行定性和半定量分析。

4.0.9 用于环境指标检测的土试样采取数量，应按不少于 10% 的比例采集现场平行样，且每批次试样应至少采集 1 组平行样。每批次送检试样应设置不少于 1 个现场空白样、1 个运输空白样。

4.0.10 钻孔采样的记录格式见本规范附录 A。

4.0.11 试样制备应有记录，记录内容宜包括试样的颜色、气味、包含物、污染痕迹、土试样的性质和均匀性、每个试样所进行的试验项目等。

5 地下水监测

5.1 监测井布置

5.1.1 已有资料表明地下水受到污染，或污染物可能对地下水造成污染的，应设置地下水监测井。

5.1.2 初步勘察阶段地下水监测井应结合地层分布、地下水流向、污染源分布状况和污染物在地下水中扩散形式进行布置，数量不应少于3个，位置应符合下列规定：

1 已知地下水流向时，监测井应设置在疑似污染区并靠近污染源的位置，对照监测井应设置在场地下水上游未受污染的位置，扩散监测井应设置在场地下水下游。

2 当无法判断地下水流向时，监测井不应设置在同一直线上。

5.1.3 详细勘察阶段地下水监测井布置应满足查明地下水污染范围的要求，可与初步勘察设置的监测井结合共用，数量不应少于5个，并应符合下列规定：

1 对于初步勘察确定的污染区，监测井数量每6400m²不应少于1个且每个污染区不应少于1个。

2 污染扩散监测井布设不少于3个，地下水下游及两侧监测井均不得少于1个。

5.1.4 地下水监测井的深度应符合下列规定：

1 对于潜水含水层，当含水层厚度不大于5m时，地下水监测井深度应至含水层底板以下不少于0.5m；当含水层厚度大于5m时，地下水监测井深度应至少达到枯水期地下水水位以下不少于5m。

2 对于承压水含水层，地下水监测井至少应进入含水层顶

板以下不少于 5m。

3 当有多个含水层可能受到污染时，应分层设置地下水监测井；各含水层间应设置止水，滤水管不得越层。

5.2 建 井

5.2.1 监测井的建设过程可分为设计、成孔、滤水管和井管安装、滤料填充、止水、井台构筑。井身结构示意图见本规范附录 B。

5.2.2 井管材质应选择坚固、耐腐蚀、对地下水水质无污染的管材。井管可采用螺纹或卡扣进行连接，不应使用黏合剂。

5.2.3 监测井井管口径应能够满足采样要求，井管内径不宜小于 50mm，钻孔直径应至少大于井管直径 100mm。抽水实验井应满足现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的规定。

5.2.4 监测井滤水管应设置于含水层采样目标深度，滤水管长度应根据地下水中污染物特征和动态水位确定。滤水管的孔隙大小应能防止 90% 的滤料进入井内。

5.2.5 滤料宜选择清洁石英砂，滤料粒径宜根据目标含水层土颗粒的粒径确定，满足现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的规定。滤料应缓慢填充至管壁与孔壁间的环形空隙内，宜填至超过滤水管上部 0.6m，滤料的厚度不应小于 50mm。

5.2.6 止水从滤料层往上填充，直至距离地面不宜少于 500mm。

5.2.7 监测井建设完成后应进行洗井，出水浊度宜小于 50 浊度单位。

5.3 监 测 项 目

5.3.1 初步勘察阶段，监测项目应包括石油类、镍和现行国家标准《地下水质量标准》GB/T 14848 中的常规指标，放射性和微生物指标可根据需要检测。

5.3.2 详细勘察阶段，监测项目宜结合初步勘察结果确定，应至少包含初步勘察阶段确定的关注污染物。

5.3.3 地下水试样污染物的检测应符合国家现行标准《地下水质量标准》GB/T 14848 和《地下水环境监测技术规范》HJ 164 的规定。石油类试样测试方法应符合国家现行标准《水质 石油类的测定 紫外分光光度法》HJ 970 的规定。

5.3.4 水试样的温度应在现场进行测试，溶解氧、pH 值、电导率、色度、浊度等监测项目宜在现场进行分析测试，并应保持监测时间一致性。

5.4 地下水试样采集与测试

5.4.1 当地下水监测井内存在非水相液体时，宜在地下水洗井采样前利用油水界面仪测试非水相液体的厚度，并利用可调节采样深度的采样器采集非水相液体样品。

5.4.2 每口监测井应至少采取 1 个地下水试样，取水位置应符合下列规定：

- 1 设置在目标含水层的中部。
- 2 水中含有轻质非水相液体时，取水位置应在含水层的顶部。
- 3 同一监测井内采取不同深度的地下水试样时，应采取隔离措施。

5.4.3 采集水试样应符合下列规定：

- 1 采样前应测量地下水位埋深。
- 2 洗井抽汲的水量不应小于 3 倍的井内水体积，洗井记录格式见本规范附录 C。
- 3 采样应在洗井完成新鲜水回补后进行。

5.4.4 水试样应先采集用于分析挥发性有机物的水试样，并应采集双样；采样时水样应注满容器，上部不应留空隙。

5.4.5 用于环境指标检测的水试样采取数量，应按不少于 10%

的比例采集现场平行样，且每批次试样应至少采集 1 组平行样。每批次送检试样应设置不少于 1 个现场空白样、1 个运输空白样。

5.4.6 水试样采样的记录格式见本规范附录 D。

6 风险管控与修复

6.1 管控与修复目标

6.1.1 土壤修复目标值应根据国家现行标准《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ 25.3 和《建设用地土壤修复技术导则》HJ 25.4 的规定确定，且应低于现行国家标准《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600 中规定的风险管制值。

6.1.2 地下水修复目标值和风险管控目标应根据国家现行标准《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》HJ 25.6 的规定确定。

6.1.3 污染场地土壤修复范围应根据目标污染物浓度、修复目标值确定，包括修复的边界和深度。

6.1.4 污染场地地下水风险管控和修复范围应为地下水污染羽的范围。

6.2 风险管控技术

6.2.1 需要进行风险管控的污染场地，应根据目标污染物、污染程度、污染范围和岩土工程条件采取有效控制措施，阻断污染暴露途径，控制污染扩散。

6.2.2 风险管控宜采用垂直阻隔技术和水平阻隔技术。

6.2.3 垂直阻隔技术可采用高压喷射注浆、地下连续墙、深层水泥土搅拌桩等形成阻隔墙，可与固化稳定化技术组成联合控制技术。

6.2.4 垂直阻隔技术宜用于受污染地下水埋深小于 30m 的场地，不宜用于污染物水溶性强或渗透率高的地层。

6.2.5 阻隔墙应阻隔连续、均匀、无渗漏，且应进入不透水层或弱透水层不小于 2m。

6.2.6 水平阻隔层可选用土工膜或天然黏土，应符合下列规定：

1 土工膜作为主防渗层时，可选用高密度聚乙烯或线性低密度聚乙烯土工膜，渗透系数应小于 $1 \times 10^{-12} \text{cm/s}$ ，厚度宜为 1mm ~ 1.5mm，土工膜上部和下部应设置保护层。

2 黏土作为主防渗层时，渗透系数应小于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，平均厚度不宜小于 300mm；应进行分层压实，顶部压实度不宜小于 90%，边坡压实度不宜小于 85%。

6.3 修复技术筛选

6.3.1 修复技术应根据修复场地的现状和规划、修复目标、修复成本、修复时间及修复效果确定，可选用 2 种以上的修复技术组成联合修复技术。

6.3.2 修复技术筛选应按照修复技术原理、适用条件、主要技术指标、经济指标和技术应用的优缺点进行比较分析。

6.3.3 修复技术应进行可行性评估，可通过试验方式进行，也可采用工程类比分析。

6.4 土壤修复技术

6.4.1 修复技术应根据目标污染物、污染物浓度、修复范围、修复目标值和场地岩土工程条件确定。高浓度石油类污染场地修复技术宜选择异位热脱附技术、异位土壤洗脱技术、焚烧技术；低浓度石油类污染场地宜采用原位化学氧化技术、气相抽提技术、微生物修复技术。

6.4.2 异位热脱附技术宜用于修复石油烃含量大于 10% 的污染土，污染土含水率不宜大于 30%，颗粒大小不宜大于 5cm。

6.4.3 异位土壤洗脱技术宜用于修复地下水位以上砂土类污染土，不宜用于修复黏粒或粉粒含量高于 25% 的污染土。

6.4.4 焚烧技术宜用于修复地下水位以上含水率不大于 20% 的砂土类污染土。

6.4.5 原位化学氧化技术宜用于碳原子数量不大于 16 的石油烃污染土修复，不宜用于黏性土的修复；当污染土中存在腐殖酸、还原性金属等物质应评估其适用性。

6.4.6 气相抽提技术宜用于地下水位以上含挥发性有机物的污染土修复，不宜用于黏性土的修复。

6.4.7 微生物修复技术宜用于修复石油烃含量小于 8% 的污染土，土壤温度和 pH 值应适于微生物的生长繁殖。

6.5 地下水修复技术

6.5.1 修复前应根据水文地质条件、污染源特征、地下水污染羽分布、敏感受体特征构建场地概念模型并动态更新。

6.5.2 修复技术应结合含水层物理参数、区域地下水使用功能、污染物特性、污染程度和空间分布确定，可选用抽出一处理技术、化学氧化技术、可渗透反应格栅修复技术、地下水监控自然衰减技术。

6.5.3 抽出一处理技术宜用于含水层渗透系数不小于 $5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 的地下水修复，并应符合下列规定：

- 1 当地下水中含挥发性有机物时，应设置气体收集处理设施。

- 2 存在非水相液体时，宜在修复前进行清除。

- 3 工程应用前应通过现场实验确定关键技术参数，包括渗透系数、含水层厚度、抽水井间距、抽水井数量、井群布局和抽提速率。

- 4 修复区域内或附近有建（构）筑物时，应采取防止地面沉降的措施。

6.5.4 原位化学氧化技术宜用于低浓度石油类污染场地的地下水修复，不宜用于含水层渗透系数小于 10^{-3}cm/s 的地下水修复。

6.5.5 可渗透反应格栅修复技术，连续型宜用于修复地下水位埋深较浅、污染羽规模较小的场地；漏斗—导水门型宜用于地下水位埋深较浅、污染羽规模较大的场地；注入式反应带宜用于修复埋深较深的地下水。反应介质应具有反应高效性、导水适宜性、安全稳定性和经济性。

6.5.6 地下水监控自然衰减技术宜用于低浓度石油类污染场地修复，不宜用于对修复时间要求较短的情况。

附录 A 钻孔采样记录单格式

表 A 钻孔采样记录单

项目名称：								
勘探采样点编号：			天气：			温度（℃）：		
采样日期：			大气背景 PID 值：			自封袋 PID 值：		
钻孔负责人：		钻孔深度（m）：		钻孔直径（mm）：				
钻孔方法：		钻机型号：		坐标（E, N）：				
地面高程（m）：		孔口高程（m）：		初见水位（m）：		稳定水位（m）：		
PID 型号和最低检测限：				XRF 型号和最低检测限：				
钻进深度（m）	变层深度（m）	地层描述		污染描述		土壤采样		
		土质分类、密度、湿度等	颜色、气味、污染痕迹、油状物等	采样深度（m）	试样编号	样品检测项（重金属 / VOCs / SVOCs）	PID 读数（ppm）	XRF 读数
编制：			校对：			审核：		

附录 B 地下水监测井井身结构示意图

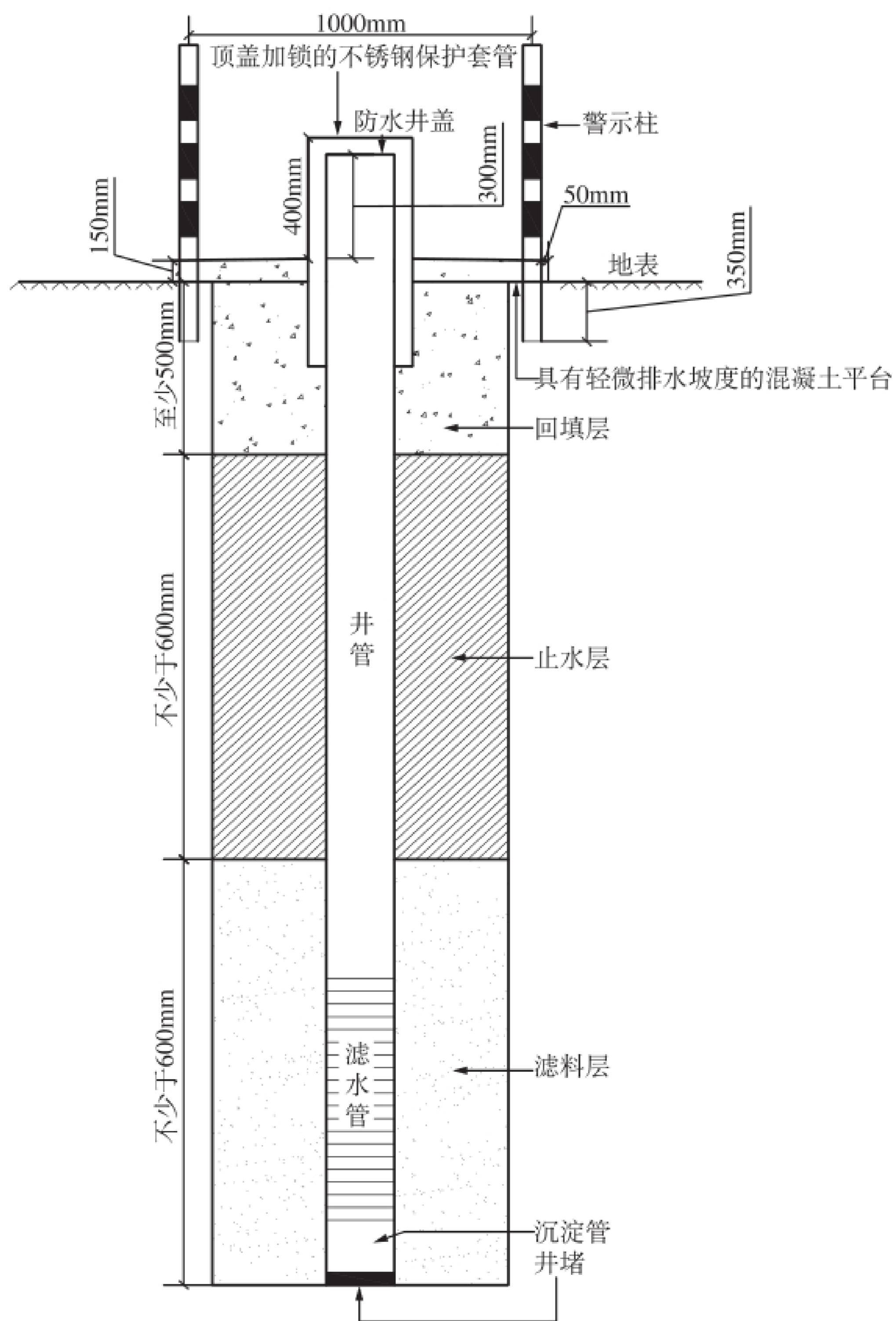


图 B 地下水监测井井身结构示意图

附录 C 监测井洗井记录单格式

表 C 监测井洗井记录单

项目名称：		成井洗井 <input type="checkbox"/>			采样前洗井 <input type="checkbox"/>					
采样日期：		采样单位：								
监测井编号：		监测井锁扣是否完整：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>								
天气状况：		48h 内是否强降雨：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>								
采样点地面是否积水：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>										
洗井设备 / 方式：		水位面至井口高度 (m)：								
井水深度 (m)：		井水体积 (L)：								
洗井开始时间：		洗井结束时间：								
pH 检测仪 型号	电导率检测仪型号	溶解氧检测仪型号	氧化还原电位 检测仪型号	浊度仪 型号	温度检测仪 型号					
现场检测仪器校正										
pH 值校正，使用缓冲溶液后的确认值：										
电导率校正：1. 校正标准液：		2. 标准液的电导率：		μS/cm						
溶解氧检测仪校正：满点校正读数		mg/L，校正时温度		℃，校正值： mg/L						
氧化还原电位校正：校正标准液：		，标准液的氧化还原电位值：		mV						
洗井过程记录										
时间 (min)	洗井汲 水速率 (L/min)	水面距 井口高 (m)	洗井水 体积 (L)	温度 (℃)	pH 值	电导率 (μS/cm)	溶解氧 (mg/L)	氧化还 原电位 (mV)	浊度 (NTU)	洗井水性状 (颜色、气 味、杂质)
洗井前										
洗井中										
洗井中										
……										
洗井中										
洗井后										
洗井水总体积 (L)：				洗井结束时水位面至井口高度 (m)：						
编制：		校对：		审核：						

附录 D 地下水采样记录单格式

表 D 地下水采样记录单

项目名称：		采样日期：		采样单位：										
天气（描述及温度）：		采样前 48h 内是否强降雨：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		采样点地面是否积水：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>										
油水界面仪型号：		是否有漂浮的油类物质及油层厚度（cm）：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>												
监测井编号	对应土壤采样点编号	监测井锁扣是否完整	水位埋深（m）	采样设备	采样器放置深度（m）	采样器汲水速率（L/min）	温度（℃）	pH 值	电导率（ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）	溶解氧（mg/L）	氧化还原电位（mV）	浊度（NTU）	地下水性状观察（颜色、气味、杂质，是否存在 NAPLs，厚度 cm）	样品检测指标（重金属 / VOCs/SVOCs/水质等）

编制：

校对：

审核：

标准用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《地下水质量标准》 GB/T 14848
《石油炼制工业污染物排放标准》 GB 31570
《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》
GB 36600
《岩土工程勘察规范》 GB 50021
《供水水文地质勘察规范》 GB 50027
《工程勘察通用规范》 GB 55017
《地下水监测井建设规范》 DZ/T 0270
《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》 HJ 25.2
《建设用地土壤污染风险评估技术导则》 HJ 25.3
《建设用地土壤修复技术导则》 HJ 25.4
《地下水环境监测技术规范》 HJ 164
《水质 石油类的测定 紫外分光光度法（试行）》 HJ 970
《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》
HJ 1019
《土壤和沉积物 石油烃（C₆-C₉）的测定 吹扫捕集/气
相色谱法》 HJ 1020
《土壤和沉积物 石油烃（C₁₀-C₄₀）的测定 气相色谱法》
HJ 1021
《污染场地岩土工程勘察标准》 HG/T 20717—2019
《建筑工程地质勘探与取样技术规程》 JGJ/T 87

中华人民共和国石油天然气行业标准

石油类污染场地岩土工程 勘察与修复技术规范

SY/T 7680—2023

条文说明

制 订 说 明

《石油类污染场地岩土工程勘察与修复技术规范》SY/T 7680—2023 经国家能源局于 2023 年 5 月 26 日以第 4 号公告批准发布，自 2023 年 11 月 26 日起实施。

本规范制定过程中，本规范编制组进行了广泛的调查研究，在总结了国内污染场地的勘察经验及研究成果的基础上，同时参考了《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建设用土壤污染状况调查技术导则》HJ 25.1、《Guidance on the selection of sampling standards》ISO 18400—100、《Soil quality — Assessment of impact from soil contaminated with petroleum hydrocarbons》ISO 11504 等国内外相关行业的先进技术标准，以及《Considerations for Applying the Triad Approach Hartford Area Hydrocarbon Plume Site Hartford, Illinois》EPA542—R—06—008 的工作总结。

为便于广大勘察、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，本规范编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据及在执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总则	28
3	勘察	30
3.1	一般规定	30
3.2	初步勘察	31
3.3	详细勘察	33
3.4	勘探方法	35
3.5	勘察报告	36
4	土试样采集与测试	39
5	地下水监测	42
5.1	监测井布置	42
5.2	建井	44
5.3	监测项目	45
5.4	地下水试样采集与测试	46
6	风险管控与修复	49
6.1	管控与修复目标	49
6.2	风险管控技术	49
6.3	修复技术筛选	50
6.4	土壤修复技术	51
6.5	地下水修复技术	53

1 总 则

1.0.1 本条明确了制定本规范的目的和指导思想。近年来随着经济的快速发展带来了一系列的环境问题，其中土壤污染形势严峻，已成为我国主要环境问题之一。自 2014 年开始，我国相继出台了多部法律法规、制定了一系列标准来规范指导污染场地有关的工作程序、内容和方法。

现行有关污染土和地下水的勘察或调查规范主要有两类，一类是工程建设领域的勘察规范，另一类是环保领域相关的调查导则。工程勘察规范侧重于污染土对工程建设的影响，比如岩土的物理力学性质、土和水对建筑材料的腐蚀性；环保领域的调查导则主要从保护受体（如人体健康、环境等）出发，查明污染分布。因此需要有综合考虑环境与岩土特点、石油石化行业污染特征、可操作性强的勘察技术标准。

本规范在总结国内外污染场地的勘察经验及研究成果的基础上，针对建设用地中的石油石化行业污染特征，经过综合分析后，提出石油类污染场地勘察工作的技术要求，可对石油类污染场地勘察起到规范性指导作用。

1.0.2 本条阐明了本规范的适用范围。本规范勘察场地属于建设用地的范畴，石油开采中涉及农用地的场地，应执行农用地相关规范。此外，关于放射性污染场地，由于专业性强、技术上有特殊要求，本规范也不适用于此类场地。

石油石化行业的石油开采、储运、炼化、销售等过程中都有可能造成一定程度的污染，涉及的场地超过十万个，场地遍布全国且较为分散。2014 年《全国土壤污染状况调查公报》显示，在调查的 13 个采油区的 494 个土壤点位中，超标点位占 23.6%，主要污染物为石油烃和多环芳烃。2020 年全国重点行

业企业用地调查，石油石化涉及的相关行业调查场地超标率也在 10% 以上。石油石化行业污染场地有显著的特征，涉及的特征污染物主要有石油烃（TPH）、苯系物（BTEX）、多环芳烃（PAHs）、甲基叔丁基醚（MTBE）等。

《污染场地术语》HJ 682—2014 中，对“污染场地”的定义是：对潜在污染场地进行调查和风险评估后，确认污染危害超过人体健康或生态环境可接受风险水平的场地，又称污染地块。《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（国家环境保护部令 第 42 号，2016 年 12 月 31 日）第二条规定“按照国家技术规范确认超过有关土壤环境标准的疑似污染地块，称为污染地块”。本规范所指“污染场地”与《污染地块土壤环境管理办法（试行）》中“污染地块”含义相同。

1.0.3 污染场地的勘察工作处于整个污染场地管理流程的前端，其目的是尽量详细、准确地描述和展示勘察场地的工程地质、水文地质特征和岩土、地下水污染特征，为场地的风险评估提供准确的资料支撑，为经济有效地制定修复和管控方案提供参考，为解决后续开发利用中的岩土工程问题提供建议。

1.0.4 结合污染识别情况和健康安全有关法规制订现场人员安全防护计划，并对相关人员进行必要的培训。现场人员须按有关规定，使用个人防护装备。严格执行现场设备操作规范，防止因设备使用不当造成的各类工伤事故。采取措施防止勘察过程中的二次污染，加强对可能产生二次污染重点区域管理，包括污染土壤或建井废水临时存放场所、采样检测区域；受污染的土壤和地下水不得随意丢弃、遗撒、排放。如发现存在危险物质泄漏，则应立即通知场地业主联系人，并按应急预案要求撤离作业现场。

1.0.5 本条阐明了执行相关标准的要求。由于规范的分工和污染场地勘察工作涉及内容的广泛性，不可能将勘察过程中遇到的所有岩土和地下水相关技术问题涵盖进去。勘察人员在进行工作时，还需遵守其他有关规范的规定。

3 勘 察

3.1 一 般 规 定

3.1.1 本条规定岩土工程勘察工作阶段，与现行的主要工程建设勘察规范及土壤污染状况调查导则基本一致。勘察是一种探索性很强的工作，是由粗到细、由浅到深的过程，不可能一步到位。不同的勘察阶段目的和任务不同，对场地特征了解的深度是不同的，对应各设计阶段对勘察成果也有不同的要求；通过不同的勘察阶段，可以逐步缩小勘察的不确定性。但是，各行业设计阶段的划分不完全一致，工程的规模和要求各不相同，要求每个工程都分阶段勘察，是不实际也是不必要的，勘察单位根据任务要求进行相应阶段的勘察工作。满足以下条件之一，可视为条件简单：(1) 平面布置明确，特征污染物单一，如污染物只有石油烃；(2) 场地面积较小，如面积小于 5000m²；(3) 已有资料能够初步确定污染范围。

3.1.2 勘察纲要建议包括以下内容：项目基本情况、场地环境和工程地质条件、技术标准、勘探方法、勘察工作布置、质量控制措施、勘察进度计划和施工组织、环境因素识别及环境保护措施、危险源辨识及职业健康安全防护措施、勘察成果内容及形式要求。面对勘察的不确定性，勘察纲要需要对现场动态调整的原则作出规定。

场地环境包括场地地形、地貌，周围已有工程建筑、地下管线设施情况及其与拟建工程的关系，尤其注意在产企业场地地下管线设施对勘察工作的影响。

石油类污染场地可能存在有毒有害气体、废水、废渣对勘察人员造成健康危害。石油石化行业勘察单位入场前均需由业

主进行安全教育，根据国家有关有毒有害物质使用及健康安全等相关法规制订现场人员安全防护措施，编制应急预案，配备安全防护用品，并对相关人员进行勘察前安全和技术培训。

3.1.3 勘察方法选择是工程勘察重要内容，首先根据已收集掌握的区域地质资料、地层分布、地下水埋藏情况、工程经验等选择适用的勘探和取样方法。

3.1.4 石油石化行业场地有其特殊性和规律性，主要是油气田井场及站场、炼化厂、石油储备库、输油管道、加油站五类。本规范总结了以上五类场地的重点区域，也是最有可能发生污染的区域，重点布设勘探采样点，并可根据实际情况适当加密。

3.1.5 石油石化企业安全管理较为严格，勘察单位应根据相关安全管理要求办理作业许可证或相关审批手续。在产企业场地占石油类污染场地的很大一部分，由于场地上企业正在进行生产，具有一定的特殊性，故勘察过程需要消耗更多的工时在安全管理和安全防护上。在勘察纲要的编制阶段就要考虑勘探采样点的布置，在不干扰企业生产情况下达到勘察目的。

3.2 初步勘察

3.2.1 本条原则上规定了初步勘察阶段应进行的工作和应有的深度。污染场地勘察与常规岩土工程勘察的不同在于：除了收集场地及邻近场地的勘察资料外，还应收集环境调查资料、场地利用变迁资料等，这些资料可为初步判断污染源的位置、污染物种类、污染分布范围等提供重要的基础信息，使编制的勘察纲要更具针对性和可操作性。

在岩土工程勘察之前，如已开展环境调查工作，基本查明了场地污染源的位置、污染物的分布情况，判定污染场地对人体和生态的危害，并作出是否需要修复治理的结论，勘察单位应对相关资料进行收集并加以充分利用，以便勘察纲要更具针对性，另外也避免开展重复性的污染土和地下水勘探与测试工

作。勘察前需重点收集掌握地下各类管线、地下建（构）筑物的分布情况，一方面是考虑勘探施工安全，避免发生安全事故；另一方面是由于各类地下管线、地下储罐、储存池（如油泥池、污水池）埋于地下宜遭受腐蚀，容易发生泄漏导致土壤和地下水污染。

3.2.2 石油类污染场地尤其是在产企业的污染场地一般都在建设前进行了相关工作，初步勘察阶段不宜布置过多的工作量，以调查为主，一般不进行大面积和高密度的采样。

3.2.3 本条规定了勘探采样点的平面布置要求。《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部公告 2017 年第 72 号）规定：初步调查阶段，地块面积 $\leq 5000\text{m}^2$ ，土壤采样点位数不少于 3 个；地块面积 $> 5000\text{m}^2$ ，土壤采样点位数不少于 6 个，并可根据实际情况酌情增加。为满足场地物理力学指标测试要求布设的勘察工作量，需符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

石油类污染场地一般平面布置比较明确，生产单元、存储设施、辅助设施划分明确，污染源容易确定，专业判断布点法应用广泛。采用判断布点方法，在场地污染识别的基础上选择潜在污染区域进行布点，重点是场地内生产区防渗破损和有裂缝的位置、地下储罐、污水管线、污染处理设施区域、危险物质储存库及装卸区域、“跑冒滴漏”严重的区域、发生过污染事故的区域、受大气无组织排放影响严重的区域、受污染的地下水污染区域、相邻企业等区域。

对于污染源较为分散、地貌严重破坏的场地，无法确定场地历史生产活动和各类污染装置位置时，可采用网格布点法（也称系统布点法）。网格布点法是将勘察场地按一定尺寸的矩形分成面积相等的若干网格布点区域，在每个区域内布设一个勘探采样点。当无法在罐槽、污染设施等底部采样时，则尽可能接近污染物迁移的下游方向布置采样点。采样点和潜在污染区距离较远时，待设施拆除后在设施底部补充取样。

3.2.4 本条规定了勘探采样点的深度，穿透污染土是为初步查明土壤污染的垂向分布。《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001 第 6.10.7 条规定“为查明污染土分布的勘探孔深度应穿透污染土”，并未明确规定具体深度；化工行业标准《污染场地岩土工程勘察标准》HG/T 20717—2019 和江苏地方标准《污染场地岩土工程勘察标准》DB32/T 3749—2020 规定“应至少进入不透水层或弱透水层 1m”；上海地方标准《建设场地污染土勘察规范》DG/TJ 08—2233—2017 第 5.3.4 条规定“进入稳定分布的黏性土层不小于 2m”。石油类污染土从颜色和气味上比较容易区分，勘察过程中可操作性强，本规范保守考虑，确定进入非污染土不小于 2m。

3.2.5 本条对土的垂向采样间距做出了规定，为满足物理力学性质测试的土试样取样数量参考《岩土工程勘察规范》GB 50021。

1 表层土和下层土垂直方向层次的划分应综合考虑污染物迁移情况、构筑物及管线破损情况、岩土性质等因素确定。采样深度计算时扣除地表硬化层厚度，埋地建（构）筑物和管线从可能的渗漏位置算起，采集表层土试样；0.5m 以下土试样根据揭露的污染情况采集，并规定了最大采样间距。

2 不同渗透性土层对污染物的阻隔和留滞作用不同，根据《岩土工程勘察规范》GB 50021 确定，可按填土、碎石土、砂土、粉土、黏性土进行分类取样。当土层特性垂直变异较大时，在不同性质土层至少采取一个土试样，采样点一般布置在各土层交界面；当同一性质土层厚度较大或同一性质土层中出现明显污染痕迹时，根据实际情况在同一土层加密采样。

3.3 详细勘察

3.3.1 本条规定了详细勘察的工作任务。在初步勘察的基础上，污染源性质、污染物的类型、污染大致范围已经确定，详细勘

察阶段可开展有针对性的勘察工作。

详细勘察工作需要全面完整地获取地质、水文数据，结合污染物特征，分析场地地层结构、地下水分布特征等影响污染物在环境介质中迁移转化的因素，确定土壤和地下水中污染物的类型、浓度和分布，预测发展趋势并提供相关参数。石油类污染场地主要是有机污染物，根据勘察结果提出风险管控和修复技术建议，并为后续的设计工作提供相关参数。污染场地的修复必然涉及岩土工程问题，勘察单位应结合自身专长，对场地后期修复治理及土地开发过程中，与污染防控及修复设计、施工中可能遇到的岩土工程问题进行分析，如基坑开挖、边坡支护等，并初步提出防治对策，进而为场地的修复治理、风险控制、安全利用、科学管理提供依据。

3.3.2 可在初步勘察的基础上针对性地布置详细勘察的工作量。初步勘察阶段，已判断出了污染的区域，如果勘察场地面积较大（如炼油厂），建（构）筑物用途和类型不同，为便于开展工作，可根据平面分布将勘察场地划分为若干区域开展详细勘察；将单个区域视为一个污染场地，工作量布置也应满足本条规定，污染边界附近可予以适当加密。一些生产历史较长的污染地块污染面积大，以网格状布点比较适宜；历史上一些未做防渗处理的排污管泄漏如未及时发现，容易沿管沟形成线状渗漏。当场地地貌单元复杂、水文地质条件复杂、土层变化大时，适当增加勘探采样点。

3.3.3 初步勘察阶段已初步掌握了污染源位置、污染物种类、迁移情况、水文地质情况，详细勘察勘探采样点深度应从查清污染物空间分布的需要出发，最大深度要求穿透污染土并进入非污染土一定深度。同时，不同的风险管控和修复方法对地基和基础类型有相应的要求，需同时兼顾物理力学指标对勘探深度的要求。

3.3.4 详细勘察的垂向采样间距应根据初步勘察结果有针对性地进行布置，但由于详细勘察的重点是确定污染范围及空间分

布，较为准确地判断污染界限是必要的，故在污染边界处加密采样。

3.4 勘探方法

3.4.1 针对不同勘察阶段的工作目的，结合污染地块特征、污染物类型、勘探实施条件、岩土层性质及建井、采样要求等，选用适宜的勘探方法，必要时需综合运用多种勘探方法，包括钻探、井探、槽探、物探等，辅以 X 射线荧光光谱仪（XRF）、光离子化检测仪（PID）等快速检测仪器进行污染物的快速检测，初步识别污染物分布特征。为保证安全，勘探前采用踏勘、地质雷达等手段查明各类地下管线、地下构筑物的分布及使用情况；勘探过程中应采取有效措施，防止损害地下管线等设施，防止对周边环境产生不良影响。对在产企业污染场地的勘察，钻探设备选择需重点考虑作业空间是否满足。

污染地块勘探主要工作内容包括：鉴别岩土名称及其基本性质，确定其埋藏深度及厚度；查明影响风险管控和修复的特殊性岩土和不良地质作用；查明勘探深度内地下水的赋存情况；提供采集水、土试样的采样条件；描述岩土、地下水的表观污染特征，探查污染源、污染物分布。

3.4.2 钻进和采样方式的选择可参考国家现行标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87。结合地块所在地区的地质条件、钻探的作业条件和勘察的方案要求来选择经济有效的钻探方法，防止土壤扰动、发热，减少挥发性有机物的挥发损失。

探槽适用于地下水位以上且深度不大于 3m 的采样情况，不适用于可能产生高浓度有毒气体的地层；槽探用于识别观察、快速检测污染物浓度与特征、鉴别岩性、采取土试样等；探槽大于 3m 时需要考虑槽壁的稳定性，放缓边坡或采取支护措施，导致采样经济性和安全性不好。

3.4.3 钻探工艺的选择和质量控制可参照《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 执行，优先选用静压或直推式的钻进工艺，受地层条件限制无法使用时可选用其他钻进工艺。

由于污染场地勘察的特殊性，成孔尽可能不使用循环液；如必须使用循环液时，使用不影响土样化学性质的循环液。为避免交叉污染，采取相应的措施包括：钻探开孔前对钻进设备、取样装置进行清洗；不同钻孔钻进对钻探设备进行清洗；同一钻机在不同深度采样时，对取样装置进行清洗。

3.4.5 钻进过程中为防止交叉污染，实施套管跟进钻探时，套管连接采用螺纹式或其他机械连接方式；根据污染地块污染物类型不同，在选择套管材料时需考虑套管与地层、地下水之间可能发生的化学反应，套管材料既要防止吸附岩土层中的化学物质，也要防止污染物淋滤进入岩土层和地下水中。

3.4.6 一般可采用膨润土、无污染黏性土或水泥砂浆等回填。

3.4.7 不具备钻孔采样条件的区域可采用地球物理方法进行辅助勘探，特别是勘察在产企业场地。地球物理勘探成果的解译考虑其多解性，条件允许时采用多种探测方法进行综合判释，必要时也要进行现场验证取样检测、分析验证及标定；根据污染区的测试值与区域背景值进行对比分析，依据测试值的异常分布判定污染岩土、污染地下水的分布范围；石油烃等有机物污染在电性剖面上表现为相对高阻异常。

3.4.8 电阻率静力触探主要用于定性或半定量判断地块污染物类型和污染范围，当污染土体与未受污染土体的电阻率或电导率存在差异时，采用电阻率静力触探进行辅助。

3.5 勘察报告

3.5.2 污染场地初步勘察报告根据初步勘察阶段的任务要求、场地污染特征和工程地质条件与水文地质条件等编写。该阶段报告重点对污染场地现状及历史变迁等内容进行阐述，如场地

污染源的分布、污染物种类及成分等；对土与地下水中主要污染物种类的浓度、环境指标等进行分析统计；本阶段可进行相对简单的土壤环境质量评价，一般以单项污染指数为主，评价方法可参照《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166。

污染场地岩土工程评价参考现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定。污染对土的工程特性的影响程度参考表 1 划分，根据工程具体情况，可采用强度、变形、渗透等工程特性指标综合评价。

表 1 污染土对土的工程特性的影响程度

影响程度	轻微	中等	大
工程特性指标变化率 (%)	< 10	10 ~ 30	> 30

注：“工程特性指标变化率”指污染前后工程特性指标变化的差值与污染前指标之百分比。

初步勘察报告结论部分主要是对污染物的超标情况（关注污染物清单）及污染场地的判断；另外，初步勘察报告需提出下阶段工作的建议。详细勘察工作需要全面完整地获取地质、水文数据，结合污染物特征，分析场地地层结构、地下水分布特征等影响污染物在环境介质中迁移转化的因素，确定土壤和地下水中污染物的类型、浓度和分布，预测发展趋势并提供相关参数。

污染场地的修复必然涉及岩土工程问题，勘察单位应结合自身专长，对场地后期修复治理及土地开发过程中，与污染防控及修复设计、施工中可能遇到的岩土工程问题进行分析，如基坑开挖、边坡支护等，并初步提出防治对策，进而为场地的修复治理、风险控制、安全利用、科学管理提供依据。

3.5.3 报告中水文地质参数主要包括地下水的水位、流向、土层渗透系数，必要时提供流速、给水度、弥散系数等。污染物空间分布，可提供单污染物 1/2 筛选值、筛选值和管控值的三维

污染体图件。污染范围包含垂向、水平分布等值线图，可在工程地质剖面图和勘探点位置平面图中绘制。修复范围可采用无污染点位连线法或污染物浓度插值算法进行确定。土壤和地下水修复范围分层确定，综合勘察、修复设计、施工因素，分层厚度建议不大于 2m。

4 土试样采集与测试

4.0.1 采样、运输和保存过程中需重点防止交叉污染，本规范禁止使用同一非扰动采样器采集不同的土试样，即不允许使用同一非扰动采样器采集不同点位或同一点位不同深度的土试样。

4.0.2 用于土层物理参数、力学参数、土和水腐蚀性试验的取样现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 已有明确具体的规定。

4.0.3 本条根据石油石化行业特点，对主要的特征污染物石油烃（C₆-C₉）的土试样采集、保存、运输、测试做出规定。

4.0.4 岩土工程已有很多质量较高的采集原状土试样的方法，对石油类中含挥发性有机物的污染土的采集十分有效。在土试样采集过程中应尽量减少对样品的扰动，新鲜土芯暴露于空气中后，挥发性有机物逐渐损失，故优先采集用于测试挥发性有机物的土试样。采集含挥发性污染物的样品时，避免对样品进行均质化处理。

当采集挥发性有机物，条件具备时建议采用薄壁取土器、对开式取土器或直压式取土器等原状取土器等。非扰动采样器由蓝色塑料手柄和一次性塑料采样筒组成。如直接从原状取土器中采集土试样，应刮除原状取土器中土芯表面约 2cm 的土壤（直压式取土器除外），在新露出的土芯表面采集样品。用 60mL 土壤样品瓶另外采集一份土试样，用于测定土壤中干物质的含量。

4.0.5 本条规定了初步勘察阶段土试样的环境指标检测项目。

1 根据现行国家标准《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600，基本项目为初步调查阶

段建设用地土壤污染风险筛选的必测项目，其他项目为行业特征污染物石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、钒。同时，石油类污染可能导致土的性质，尤其是腐蚀性发生改变，对建（构）筑物造成不利影响，腐蚀性测试项目在现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 已有明确具体的规定。

2 此外，测试项目也需要考虑其他可能，比如历史上勘察场地是否存在其他生产情况，周边污染是否可能进入勘察场地，生产工艺、原辅材料、产品种类、“三废”是否可能因泄漏导致污染。初步勘察阶段，在条件允许时，把勘察场地所有可能存在的污染物纳入测试项目。

根据石油石化行业特点，油气田井场及站场、炼化厂、石油储备库、输油管道、加油站五类场地其他项目可参考如下：(1) 油气田及井场、输油管道检测石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、锌、钒、甲基汞；(2) 炼化厂检测石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、铍、硼、锑、钡、钴、钼、银、铊、钒汞、甲基汞、烷基汞、氰化物、三氯苯（总量）、2, 4, 6-三氯酚、2, 4-二硝基甲苯、2, 6-二硝基甲苯、2, 4, 6-三氯酚、一氯二溴甲烷、异丙苯、二氯一溴甲烷、多氯联苯、甲醛、乙醛、丙烯醛、五氯丙烷、戊二醛、三氯乙醛、环氧氯丙烷、双酚、 β -萘酚、二氯酚、苯甲醚、丙烯腈、氯丁二烯、丙烯酸、六氯丁二烯、二氯乙酸、二溴乙烯、三氯乙酸、环烷酸、黄原酸丁酯、邻二甲苯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、二（2-乙基己基）己二酸酯、苯胺类、硝基苯类、丙烯酰胺、水合肼、吡啶、四乙基铅、四氯苯；(3) 石油储备库和加油站检测石油烃（ C_6-C_9 ）、石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）、四乙基铅、甲基叔丁基醚。

4.0.7 污染场地岩土工程勘察的主要目的之一是为污染场地风险控制与修复提供依据，不同的管控和修复方法对物理力学参数的要求有所不同。详细勘察中环境检测项目为关注污染物，对降低勘察费用，逐步缩小勘察不确定性有重要作用。

4.0.8 现场踏勘、勘探和采样过程中可采用快速检测仪器进行

污染物的快速检测，主要包括：(1) X 射线荧光分析仪，用于检测土壤中的重金属含量；(2) 火焰离子检测仪，用于半定量检测土壤中 VOCs 组分的含量；(3) 光离子检测仪，用于检测土壤中 VOCs、部分 SVOCs 和无机物的浓度。

4.0.9 现场采样质量控制样包括现场平行样、现场空白样、运输空白样等；平行样总数有相关规定，现场空白样按采样批次采取，运输空白样按运输批次采取。现场平行样是指在同等采样条件下，采集平行双样密码编入送实验室分析，测定结果可反映采样与实验室测定的精密度；当实验室精密度受控时，主要反映采样过程的精密度变化状况。现场空白一般以纯水作样品，分装到样品瓶中，将其带到现场，与采样的样品瓶同时开盖和密封，随样品运回实验室，按与样品相同的分析步骤进行处理和测定，用于检查样品采集到分析全过程是否受到污染。运输空白一般也以纯水作样品，从实验室到采样现场又返回实验室，采样时使其瓶盖一直处于密封状态，随样品运回实验室，按与样品相同的分析步骤进行处理和测定，用于检查样品运输过程中是否受到污染。

5 地下水监测

5.1 监测井布置

5.1.1 本条规定了地下水监测井的设置条件，目前现有规范对地下水样品应从地下水监测井中采集有统一认识，但对地下水监测井的设置条件没有明确统一的规定。

《建设场地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》HJ 25.2—2019 第 6.1.2 条规定“地下水监测点位布设方法地块内如有地下水，应在疑似污染严重的区域布点，同时考虑在地块内地下水径流的下游布点”；上海地方标准《建设场地污染土壤勘察规范》DG/TJ 08-2233—2017 第 5.1.3 条规定“污染场地宜根据工程需要布设勘探点、土样采样点、地下水采样点及水文地质勘探点，各类勘探点可结合共用”；北京地方标准《污染场地勘察规范》DB11/T 1311—2015 初步勘察阶段规定“地下水监测井点数量不应少于 3 个”，详细勘察阶段规定“当场地地下水污染时，应布设环境水文地质勘探点和地下水监测井点”。《建设场地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部公告 2017 年第 72 号）规定详细调查阶段“地下水采样点位数每 6400m² 不少于 1 个”。《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环境保护部公告 2014 年第 78 号）规定第二调查阶段“在每个疑似污染地块内或设施底部布置不少于 3 个土壤或地下水采样点”。

本规范基于可操作性原则，对地下水监测井设置条件做出规定。在收集分析场地水文资料和地层资料基础上，当钻探揭露地下水埋藏深度较浅，地下水位以上无稳定连续分布的隔水层时，石油类污染物竖向迁移可能对地下水造成污染；有资料

表明地下水已受到污染时，也要设置地下水监测井。

5.1.2 本条规定了初步勘察阶段地下水监测井的平面布置要求。为了解地下水体未受本场地污染影响条件下的水质状况，需在勘察场地的非污染地段设置对照井，条件不具备时可在场地外设置。当需测定地下水流向时可采用几何法，量测点不应少于呈三角形分布的3个监测井；同时量测井内水位，确定地下水的流向。在满足最低数量要求基础上，若场地面积较大、地下水污染较重、地下水较丰富，可根据实际情况适当增加监测井。

5.1.3 本条规定了详细勘察阶段监测井的最低数量要求和平面布置。地下水污染监测井的布设应考虑场地地下水流向、污染源类型、污染源区的分布和污染物迁移能力等，采用点线面结合的方法进行布设，可采用网格式或放射式等布点方法。污染物在含水层渗透性较大的地区以条带状扩散，监测井沿地下水流向和垂直地下水流向布设；污染物在含水层渗透性小的地区以点状污染扩散，监测井可在污染源附近沿四个方向十字布设；污染物以线状污染扩散时，可采用网格布点法设垂直于线状污染的监测井。透水性好的扩散区、生产历史较长的企业场地、年限已久的老污染源，污染范围可能较大，监测井适当增加，监测线适当延长；反之，可只在污染源附近布点。污染羽的形态可能一次难以查清，实施中可以分批建设，逐步加密监测井。具体可参考《地下水环境监测技术规范》HJ 164、《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）执行。

5.1.4 本条规定了地下水监测井的深度要求。可根据已收集的水文资料和钻探揭露的岩心，初步判断地下水受污染的情况，确定监测目标含水层。对于潜水含水层，应建设完整井；当含水层厚度较大时，需考虑水位季节变化，监测井应进入含水层一定深度。对于承压水含水层，监测井同样应进入含水层一定深度。对于多个含水层受污染的情况，可设置多个单管单层监测井或单管多层监测井、巢式监测井、丛式监测井，为了防止出现交叉污染，不同含水层之间应采取隔离措施。

5.2 建 井

5.2.1 监测井建设可按《地下水环境监测技术规范》HJ 164 和《地下水监测井建设规范》DZ/T 0270 执行。监测井成孔根据地块地质条件，选择适当的钻进工艺进行钻孔。监测井点位不采集土试样的情况下，在粉土、砂土、黏性土或卵砾石层，可以选择回转钻进法或冲击钻进法；岩层中则采用回转钻进法，为防止二次污染，循环池做好防渗措施，同时统一收集废水、废液、泥浆等并妥善处理。

5.2.2 井管材质应满足不污染井内水质和监测井强度的要求。当监测目标污染物为有机物时，选择不锈钢、聚四氟乙烯 (PTFE) 材质管件；当监测目标污染物为无机物或地下水的腐蚀性较强时，选择聚氯乙烯 (PVC)、聚四氟乙烯 (PTFE) 材质管件。井管连接采用螺纹等机械式连接，避免使用可能污染地下水水质的连接材料，尤其不要使用各类黏合剂进行连接。监测井建井中所用的设备和材料及时清洗除污，避免钻探过程中引入外来浆液。对于钻探过程中产生的钻屑，下管前采取措施进行清孔。

5.2.3 井管的内径要求不小于 50mm，以能够满足洗井和采集地下水样品需要为准。钻探成孔直径宜超过井管直径不少于 100mm，即围填滤料厚度不宜小于 50mm。

5.2.4 监测井井管的深度、滤水管的长度和位置根据地块所在区域地下水水位历史变化情况、含水层厚度及监测目的等进行调整。对于非承压水监测井，井管底部避免穿透潜水含水层下的隔水层底板；对于承压水监测井，需分层止水。丰水期时一般需要有 1m 的滤水管位于多年平均最高水位以上，枯水期时一般需要有 1m 的滤水管位于多年平均最低水位以下，以保证监测井中的水量满足采样需求。

5.2.5 滤料级配良好，防止滤料自身或地层细颗粒土堵塞滤水管。当地下水埋藏小于 1m 时，可根据实际情况调整滤料和止水

设置高度。

5.2.6 为防止钻孔形成自上而下的通道导致污染扩散，建议采用膨润土球、黏土材料、水泥砂浆等进行钻孔回填，回填过程中需采取一定的措施保证密实性。若采用膨润土球作为止水材料，每填充 100mm 向钻孔中均匀注入少量的清洁水，并及时进行测量，防止膨润土架桥。

5.2.7 洗井标准为“水清砂净”，出水浊度小于 50 浊度单位 (NTU)。成井洗井要求“及时进行”，旨在不使冲洗介质有更多的时间固结在井壁上而影响井的出水能力。成井洗井后使监测井至少稳定 24h 方可进行采样前洗井，稳定时间的长短受含水层条件和建井方式等影响。成井洗井后需要一定的稳定时间，主要是为了确保监测井附近的地下水流场稳定及地下水中的污染物与建井材料之间达到平衡。成井洗井要求具体可参考现行国家标准《管井技术规范》GB 50296 和国家现行标准《地下水监测井建设规范》DZ/T 0270。

5.3 监测项目

5.3.1 根据国家现行标准《石油炼制工业污染物排放标准》GB 31570、《地下水质量标准》GB/T 14848 和《地下水环境监测技术规范》HJ 164 有关内容，结合行业特征，地下水试样的监测项目可参考如下：

1 油气田井场、站场和输油管道：pH 值、耗氧量、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、氨氮、硫化物、亚硝酸盐、硝酸盐、挥发性酚类、阴离子合成洗涤剂、石油类、石油烃 (C₆-C₉)、石油烃 (C₁₀-C₄₀)、汞、烷基汞、砷、镉、总铬、六价铬、铅、镍、铜、锌、钒、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯、氯苯、邻二氯苯、对二氯苯、三氯苯 (总量)、蒽、荧蒽、苯并 [b] 荧蒽、苯并 [a] 芘、萘、总 α 放射性、总 β 放射性。

2 炼化工厂：pH 值、耗氧量、挥发性酚类、氨氮、硝酸盐、

亚硝酸盐、总磷、氯化物、硫酸盐、硫化物、氟化物、氰化物、钒、铅、砷、镍、汞、烷基汞、镉、六价铬、苯、甲苯、氯苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯、邻二氯苯、对二氯苯、三氯苯（总量）、2, 4, 6-三氯酚、蒽、荧蒽、苯并[b]荧蒽、苯并[a]芘、萘、石油类、石油烃（C₆-C₉）、石油烃（C₁₀-C₄₀）。

3 石油储备库和加油站：pH值、耗氧量、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、硫酸盐、挥发性酚类、石油类、石油烃（C₆-C₉）、石油烃（C₁₀-C₄₀）、硫化物、铅、砷、镍、汞、苯、甲苯、乙苯、二甲苯（总量）、总氰化物、四乙基铅、甲基叔丁基醚（MTBE）、苯并[a]芘。

5.3.4 用于检测溶解氧、pH值、电导率、色度、浊度的水试样保存时间较短，需在现场进行分析测试。

5.4 地下水试样采集与测试

5.4.1 非水相液体（NAPL）是指不能与水互相混溶的液态物质，通常是几种不同化学物质（溶剂）的混合物，石油类污染场地多为比重小于1.0的轻质非水相液体（LNAPL）。可采用油水界面仪或单阀门贝勒管判断地下水中是否存在非水相液体，遇非水相液体时，可选择使用油水界面仪、测油尺等量测油层的位置和厚度。

5.4.2 本条明确了监测井中地下水采样位置。当在同一钻孔中采取不同深度的地下水样时，需要采取严格的隔离措施，防止因采集混合水样而影响判别结论。当利用已有监测井进行采样时，先收集井结构等信息并经评估能够满足要求后方可使用，现有地下水井的筛选方法可参照国家现行标准《地下水环境监测技术规范》HJ 164 执行。

5.4.3 本条规定了采样前洗井的要求。采样前洗井是为了确保监测井附近的地下水流场稳定，能够取得具有代表性的地下水样品，减少检测井中地下水与外部环境长时间接触造成的不良

影响。洗井要求可参照国家现行标准《建设用土壤污染风险管控和修复监测技术导则》HJ 25.2、《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》HJ 1019 和《地下水环境监测技术规范》HJ 164 的相关要求执行。在现场可使用便携式水质测定仪对出水进行测定，满足以下条件之一者可结束洗井：(1) 浊度 $\leq 10\text{NTU}$ ；(2) 当浊度连续三次测定的变化在 $\pm 10\%$ 以内、电导率连续三次测定的变化在 $\pm 10\%$ 以内、pH 值连续三次测定的变化在 ± 0.1 以内；(3) 洗井抽出水量达到在井内水体积的 3 倍以上。井内水体积可用下式计算：

$$V = \left(\frac{\pi}{4} \times d_c^2 \right) \times h + \left(\frac{\pi}{4} \times d_b^2 - \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \right) \times h \times \theta \quad (1)$$

式中： V ——井体积 (mL)；

d_c ——井管直径 (cm)；

h ——井管中的水深 (cm)；

d_b ——钻孔直径 (cm)；

θ ——填料的孔隙度。

地下水采样工具方面，国内地下水采样主要使用贝勒管、潜水泵、抽水泵、惯性泵、气囊泵、气提泵等设备。其中用于地下水中 VOCs 采样的设备主要有贝勒管、气囊泵和潜水泵三类。由于价格便宜且容易获得，贝勒管是国内最常见用于地下水中 VOCs 采样的方法，该方法比较适用于井管内径小、地下水埋深较浅的情况。此外，如贝勒管现场采样操作不当，易引起水体扰动、二次污染等问题，将对地下水检测结果产生明显影响。基于此，地下水采样优先使用气囊泵或低流量潜水泵。利用气囊泵或低流量潜水泵可进行低速洗井和采样，采样时将泵的进水口置于采样部位，平稳缓慢地抽出井内采样部位积水，含水层局部涌水使采样部位积水得到更新，直至现场检测指标趋于稳定后，结束洗井之后可直接进行样品采集。此外，避免使用蠕动泵用于检测挥发性有机物水试样的采取。

地下水试样采集在采样前洗井结束后 2h 内进行，若监测井位于低渗透性地层，需在洗井待新鲜水回补后在井底采样。根据水文地质条件、井管尺寸、现场采样条件等，选择低速采样或低渗透性含水层采样等方法进行地下水中挥发性有机物采样。当含水层渗透性低，可参照《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》HJ 1019 中关于“低渗透性含水层采样方法”有关规定执行。

5.4.4 地下水中的挥发性有机物 VOCs 大多与其他种类污染物共同存在，由于 VOCs 容易挥发逃逸，而其他类型污染物相对稳定，因此通常情况下优先采集 VOCs 样品。国家现行标准《水质 挥发性有机物的测定 吹扫捕集/气相色谱-质谱法》HJ 639 和《水质 挥发性有机物的测定 吹扫捕集/气相色谱法》HJ 686 均对双样有相关规定。采集挥发性样品时，采取措施使水样在样品瓶中溢流而不留空间，拧紧瓶盖倒置后观察不存在气泡；采集半挥发性样品也可参照执行，取样时尽量避免或减少样品在空气中暴露。

6 风险管控与修复

6.1 管控与修复目标

6.1.1 修复目标值的制定需综合考虑土壤风险控制值、筛选值和管制值，地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量及国家和地方有关标准中规定的限值等，确定修复目标值是一个较为复杂的过程。筛选值和管制值一般作为土壤修复目标值的下限和上限。

6.1.2 地下水修复目标值和管控目标根据地下水使用功能、敏感目标等条件，按国家现行标准《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》HJ 25.6 确定。

6.1.4 采用浓度插值、单个超标点位代表区域等方法，将采样检测分析结果绘制成等值线图或浓度分区图，与地下水修复和风险管控目标值相对照，将污染物浓度超过地下水修复和风险管控目标值的地下水污染羽，确定为修复和风险管控区域。范围边界可根据场地条件、技术实施可行性等进行合理修正。

6.2 风险管控技术

6.2.1 当现有修复技术条件难以达到修复目标，或不具备修复条件（如在产企业场地），可以采取污染管控的办法。土壤和地下水污染管控的思路是以实现阻断污染物暴露途径，阻止土壤和地下水中的污染扩散为目的。在已发布的相关标准中，将风险管控分为制度控制和工程控制，本规范主要规定工程控制有关的内容。

6.2.2 垂直阻隔技术是利用场地底部的天然相对不透水层作为底部隔水层，在场地四周设置垂向防渗，垂向防渗底部进入天

然相对隔水层一定深度，阻断污染扩散途径，使内部形成一个相对封闭的单元。

6.2.3 垂直阻隔技术的设计根据工程的水文地质条件、污染物特性、工程地质条件等情况，结合需要达到的渗透系数、深度和刚度，选择与之相适应的防渗类型。高压喷射注浆、地下连续墙、深层水泥土搅拌桩均在工程建设领域有广泛应用，施工工艺成熟、可靠。高压喷射注浆可采用单管法、双管法和三管法施工；地下连续墙可采用土工膜、膨润土、水泥、塑性混凝土等一种或几种材料形成墙体；深层水泥土搅拌桩可采用喷浆搅拌法或喷粉搅拌法施工。

地下连续墙可选用水泥—膨润土墙、土—膨润土墙、塑性混凝土墙、土工膜—膨润土复合墙等。当阻隔墙顶部需承受荷载时，可以用水泥—膨润土墙或塑性混凝土墙；在特殊地质和环境要求非常高的场地，可以采用土工膜—膨润土复合墙。当阻隔墙底部岩石裂隙发育，或存在断层、破碎带等强透水性的地质条件，底部采取灌浆等处理措施，以达到管控效果。

6.2.4 本条明确了垂直阻隔技术的适用条件。地下水位较浅，容易导致施工困难，阻隔墙难以成型或墙体不均匀、不完整；地质活动频繁、不良地质作用发育可能导致阻隔破损，影响污染控制效果。

6.2.5 本条对阻隔墙嵌入底板深度做出规定。

6.2.6 水平阻隔根据需要设置，相对较为简单，包括目前已广泛使用的各种防渗技术、地面覆盖技术、天然隔水层。

6.3 修复技术筛选

6.3.1 土壤污染具有隐蔽性、滞后性、累积性、不均匀性、难可逆性的特点，每一种修复技术都有其独特的优点，也有不可避免的缺点；地下水污染修复通常又与管控相结合。没有最好的修复技术，只有因地制宜选择技术可行、经济合理的修复技

术。很多情况下污染场地修复十分复杂，单独一种修复技术难以满足要求，需要多种修复技术进行优化组合集成；组合修复技术可能是多个可行技术根据工艺的先后顺序进行“串联”，也可能是多个可行技术“并联”。

6.3.2 修复技术筛选需要考虑多方面的内容进行综合比选，比较现有石油类修复技术优缺点，因地制宜，重点分析各修复技术工程应用的实用性。

6.3.3 试验包括实验室小试和现场中试，条件具备时可在地块开展现场中试，验证试验修复技术的实际效果，获得土壤修复工程设计所需要的参数。

6.4 土壤修复技术

6.4.1 修复技术的选择应根据评估结果，从安全性、适用性和可操作性方面综合比较确定，宜优先选用成熟的修复技术；异位热脱附技术、异位土壤洗脱技术、化学氧化技术、气相抽提技术、微生物修复技术等已成为石油类污染土壤的主流修复技术。

行业特点和修复技术特点决定修复行业内对浓度高低没有明确的界限，也难以规定明确的界限。一些修复方法从技术上对石油类具有广泛的适应性，但不一定具备良好的经济性。

修复技术的筛选可根据生态环境部《污染场地修复技术目录（第一批）》及中国环境保护产业协会标准《污染场地修复技术筛选指南》CAEPI 1中推荐的方法，结合场地勘察成果，从技术成熟度、目标污染物、土壤类型、预期修复效果、时间和成本等方面分析比较，重点分析各修复技术工程应用的实用性。修复装备优先选用《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录》中推广类应用技术。

6.4.2 本条明确了异位热脱附技术的适用条件。该项修复技术主要用于处理有机物污染的土壤，并在国内外得到了广泛应用，

是一种可靠、成熟的修复技术，国内多个石油天然气开采企业、炼化企业均有应用。当土壤含水率过高时，修复单位污染土的能耗较高，该种修复技术不够经济；同时污染土易粘结成块，不利于传热，造成污染土中污染物的去除率下降。污染土颗粒过大，会导致进料困难、导热不足，造成修复效果下降。具体可参考国家现行标准《污染土壤修复工程技术规范 异位热脱附》HJ 1164。

6.4.3 本条明确了异位土壤洗脱技术的适用条件。该项技术可以有效地减少污染土的处理量，在减量化处理方面有着广泛应用。污染土中细颗粒土的含量是决定污染土洗脱修复效果和成本的关键因素，细颗粒含量过高，会导致经济性下降，修复效果难以保证。

6.4.4 本条明确了焚烧修复技术的适用条件。国内一般与水泥窑协同固化协同进行处理，该项技术污染物去除率高，不适用于含水率高的污染土。

6.4.5 本条明确了原位化学氧化技术的适用条件。污染物浓度过高或石油烃碳链长度过长，会导致该项修复技术的经济性下降。在渗透性较差的黏性土中，药剂传输速率变慢，导致修复效果降低；污染土中存在腐殖酸、还原性金属等物质，会消耗大量氧化剂，经济性不好。

6.4.6 本条明确了气相抽提技术的适用条件。该项技术不宜用于渗透性差或地下水水位变动较大的场地。升级后的多相抽提技术可用于处理存在非水相液体（如原油、成品油和有机溶剂等）的场地。

6.4.7 本条明确了微生物修复技术的适用条件。相比于物理和化学修复技术，微生物修复具有成本低、二次污染小、不破坏土壤环境、处理效果好等特点，对低浓度石油类污染土壤较为适用，目前已在国内广泛应用。土壤有机质含量低、微生物浓度低、石油烃降解菌丰度低、不具备修复空间的区域建议异位修复，反之建议原位修复。

6.5 地下水修复技术

6.5.1 构建场地概念模型是地下水修复的重要工作，考虑场地水文地质条件、污染源特征、地下水污染羽分布、敏感受体特征等因素综合分析，用来指导选择修复模式、筛选修复技术等工作。

6.5.2 本条列出了地下水中石油类污染常用的修复技术。

6.5.3 石油石化行业很多场地内或附近具有污水处理设施，地下水修复时优先选用抽出一处理技术。抽出一处理技术对于污染范围大、污染羽埋藏深的污染场地修复比其他技术更具有优势，修复周期较短；但涉及地下水的抽提或回灌，对修复区域干扰大，容易引起地面沉降，必要时需要采取额外的工程措施；当存在非水相液体时，难以通过抽出的方法清除干净。

6.5.4 氧化剂通常以溶剂的形式注入到地下水，利用氧化剂与污染物之间的氧化—还原反应将污染物降解，速度快、周期短，但渗透性较差的地层容易导致溶剂扩散速度慢、不均匀；当含水层中存在腐殖酸、还原性金属等物质需评估其适用性。

6.5.6 该技术特点是费用低，但修复周期较长，需要进行长时间的监测。

