

中国地质调查局地质调查技术标准

DD2014—06

污染场地土壤和地下水 调查与风险评估规范

中国地质调查局

2014年7月

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 总则	2
4.1 目的	2
4.2 任务	3
4.3 调查精度	3
4.4 工作程序	3
4.5 工作原则	3
5 场地预研究	4
5.1 基本内容	4
5.2 资料收集	4
5.3 踏勘	4
5.4 初步分析	5
6 设计书编写与审批	5
6.1 设计书编写	5
6.1.1 编写依据与要求	5
6.1.2 设计书内容	6
7 场地污染调查	6
7.1 污染源调查	6
7.1.1 基本要求	6
7.1.2 调查方法	6
7.1.3 调查内容	6
7.1.4 污染源调查结果分析	7
7.2 土壤污染调查	7
7.2.1 基本要求	7
7.2.2 调查方法	7
7.2.3 调查内容	7
7.3 水文地质条件调查	10
7.3.1 基本要求	10
7.3.2 调查方法	10
7.3.3 调查内容	10

7.4	地下水污染调查	11
7.4.1	基本要求	11
7.4.2	调查方法	11
7.4.3	调查内容	11
7.5	污染受体调查	14
7.5.1	基本要求	14
7.5.2	调查方法	14
7.5.3	调查内容	14
8	调查方法	14
8.1	基本内容	14
8.2	地面调查法	14
8.3	便携式仪器筛查法	15
8.4	地球物理勘查方法	15
8.5	钻探方法	16
8.6	样品采集与检测	17
8.6.1	基本要求	17
8.6.2	采样准备	17
8.6.3	采样方法	18
8.6.4	样品保存	19
8.6.5	样品送检	19
8.6.6	样品检测	19
9	突发性场地污染应急调查与评估	19
9.1	应急调查程序	19
9.2	污染物泄漏与周围环境快速调查	20
9.2.1	污染物泄漏调查	20
9.2.2	周围环境调查	20
9.3	污染场地应急调查	20
9.3.1	应急调查	20
9.3.2	取样检测	20
9.3.3	水文地质条件调查	20
9.3.4	NAPL自由相调查	20
9.4	场地地下水污染危害性评估	20
9.4.1	污染物包气带入渗深度评估	20
9.4.2	污染物进入含水层后的迁移速度估算	21
9.5	应急处置措施	21
9.5.1	包气带污染应急处置措施	21
9.5.2	含水层污染应急处置措施	21
9.6	应急监测	22
10	质量控制	22
10.1	野外质量控制	22
10.2	室内质量控制	22

11	土壤和地下水污染评价	22
11.1	基本要求	22
11.2	污染评价	22
11.2.1	评价因子	22
11.2.2	评价指数	22
11.2.3	评价标准	22
11.2.4	评价方法	23
12	土壤和地下水污染风险评价	23
12.1	土壤污染风险评价	23
12.1.1	基本要求	23
12.1.2	评价目标受体	23
12.1.3	评价污染物	23
12.1.4	评价方法	24
12.2	地下水污染风险评价	24
12.2.1	基本要求	24
12.2.2	评价情形	24
12.2.3	评价污染物	25
12.2.4	评价方法	25
12.2.5	目标浓度	25
12.2.6	评价步骤	25
13	地下水污染监测	25
13.1	目的	25
13.2	基本要求	25
13.3	监测方案	26
13.3.1	监测井布设	26
13.3.2	取样深度	26
13.3.3	监测项目	26
13.3.4	监测频率	26
14	资料整理与成果编制	26
14.1	整理要求	26
14.2	原始资料分类整理	27
14.2.1	地质—水文地质资料	27
14.2.2	场地土地利用及污染史资料	27
14.2.3	污染源调查资料	27
14.2.4	表层土壤污染调查资料	27
14.2.5	深部土壤污染调查资料	27
14.2.6	地下水污染调查资料	27
14.2.7	地球物理勘查资料	27
14.2.8	水文地质试验资料	27
14.2.9	其它资料	27
14.3	资料数字化分析	27

14.3.1	电子化或数值化整理.....	27
14.3.2	统计分析.....	28
14.3.3	表格输出.....	28
14.3.4	图件编制.....	28
14.4	报告编写.....	28
15	成果提交.....	28
附录A（规范性附录）	场地污染调查表格.....	30
附录B（规范性附录）	设计书编制提纲.....	39
附录C（资料性附录）	监测井成井方法.....	40
附录D（资料性附录）	检测指标、目标检出限及检测方法.....	42
附录E（资料性附录）	场地地下水污染风险评价推荐方法-目标浓度反演法简介.....	47
附录F（资料性附录）	污染场地地下水污染风险评价推荐方法-过程模拟法简介.....	56
附录G（规范性附录）	场地土壤和地下水污染调查与风险评价成果报告编写提纲.....	59

前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国地质调查局提出和归口。

本标准起草单位：中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、北京师范大学、吉林大学、中国科学院研究生院、山东科技大学、中国地质环境监测院、中国地质调查局南京地质调查中心、长安大学、通标标准技术服务有限公司（SGS）、河北省地矿中心实验室、华测检测技术股份有限公司（CTI）。

本标准主要起草人：文冬光、蔡五田、郝爱兵、丁爱中、赵勇胜、王明玉、查恩来、郑继天、王红旗、高宗军、姜月华、杨进、刘庆学、吴爱民、张二勇、林良俊、刘雪松、张敏、李胜涛、王文科、张国、孙继朝、费宇红、刘菲、何江涛、陈忠荣。

本标准由中国地质调查局负责解释。

引 言

场地土壤与地下水污染问题，是世界关注的重要环境问题，解决场地尺度的污染问题，是治理区域污染的一把钥匙。对污染场地实施科学管理，是一个国家经济、社会发展到较高水平后必然要面对的问题。

近30年来，世界许多国家和地区如美国、英国、澳大利亚、日本、欧盟、新西兰等都已建立起了污染场地调查、风险评价与修复治理的技术体系。我国在此方面也编写了一些相关的技术标准，但尚未形成独立的场地土壤和地下水污染调查评价标准。

本标准借鉴了发达国家污染场地调查评价技术标准，结合我国现阶段场地土壤和地下水污染调查评价工作的实践编制而成。

污染场地土壤和地下水调查与风险评价规范

1 范围

本标准规定了场地土壤和地下水污染调查与风险评价工作的目的与任务，内容与方法，质量控制，资料整理与成果编制，以及突发性场地污染应急调查等方面的技术要求。

本标准适用于松散沉积物构成的场地土壤和地下水污染调查，其它类型场地可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB 3838-2002 地表水环境质量标准
- GB 5084-2005 农田灌溉水质标准
- GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准
- GB/T 19923-2005 城市污水再生利用 工业用水水质
- GB 50021-2001 岩土工程勘察规范
- HJ/T 166-2004 土壤环境监测技术规范
- HJ 350-2007 展览会用地土壤环境质量评价标准
- HJ 493-2009 水质采样 样品的保存和技术管理规定
- DD 2008-01 地下水污染调查评价规范

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

场地 site

本技术要求所指的场地为面积几百平方米至几平方公里的空间地域，包括地表附属物及地表以下的土壤和地下水。

3.2

污染场地 contaminated site

受到有毒、有害物质严重污染的场地。

3.3

土壤 soil

本技术要求所指的土壤是地面以下未成岩的松散土层。既包括传统土壤学定义的疏松表层，也包括非饱水带和饱水带内的松散沉积物。

注：本技术要求涉及的表层土壤指深度小于等于1米的土壤，深部土壤指深度大于1米的土壤。

3.4

地下水 groundwater

本技术要求所指的地下水是赋存于地面以下饱水带中的水。

3.5

污染 contamination

由于人类活动，致使土壤、地下水等环境中有害物质含量升高，对人类健康和环境产生不良影响的过程或状态。

3.6

污染物 contaminant

土壤和地下水中对人类健康或环境产生不良影响的物质。

3.7

污染源 contamination source

污染源是污染物发生源，通常指产生或向环境排放、释放有害物质的场所、设备、装置或环境介质。

3.8

污染源区 contamination source zone

在地表、土壤、地下水中污染物高度积聚的区域。

3.9

地下水污染羽 groundwater contamination plume

可溶性污染物在地下水中形成的羽状污染范围。

3.10

场地背景值 site background value

未受场地污染影响的土壤或地下水中某种物质的含量。

3.11

地下水目标浓度 groundwater target concentration

以地下水用途为依据的某种物质的标准浓度值。

3.12

地下水污染风险 groundwater contamination risk

本技术要求所指的是场地或场地周边地下水被污染的可能性。

3.13

多级监测井 multi-level monitoring well

用于监测不同深度含水层或含水段水头、水质变化的井。

注：在地面附近多个地点，开孔到不同深度并独立安装多根井管以监测多个含水层或含水段的多级监测井为丛式监测井（Clustered Monitoring Well）；在地面一个地点开孔至一定深度并扩径，将多个井管分离和封隔安装在一个井内，以监测多个含水层或含水段的多级监测井为巢式监测井（Nested Monitoring Well）。

3.14

场地污染概念模型 contaminated site conceptual model

指场地污染影响范围内，将水文地质条件与污染分布特征高度概化的模型。

3.15

场地污染风险概念模型 contaminated site risk conceptual model

基于场地污染概念模型与场地污染评价结果，高度概化污染物经土壤和（或）地下水迁移转化至受体的模型。

4 总则

4.1 目的

通过开展场地土壤和地下水污染调查与风险评价，为场地的土地和地下水安全利用与科学管理提

供依据。

4.2 任务

查明场地的地质-水文地质条件、土地利用现状和历史及可能产生污染影响的人类活动情况；查明场地污染源分布，确定关注的污染物种类和组分，圈定主要污染物在土壤和地下水中的空间分布范围；对场地土壤和地下水的污染程度与风险作出评价；开展地下水污染动态监测。

4.3 调查精度

根据场地情况，宜采用精度不小于1:10000比例尺场地平面图开展场地调查。

4.4 工作程序

场地土壤和地下水污染调查与风险评价的工作程序应按图1所示进行，其中场地污染调查是工作的重心。

场地污染概念模型是指导调查工作的技术核心，应从场地预研究阶段着手建立，并在污染源调查、土壤污染调查、水文地质调查、地下水污染调查中不断完善。

场地污染风险概念模型是风险评价的基础，应在污染风险评价和监测中予以完善。

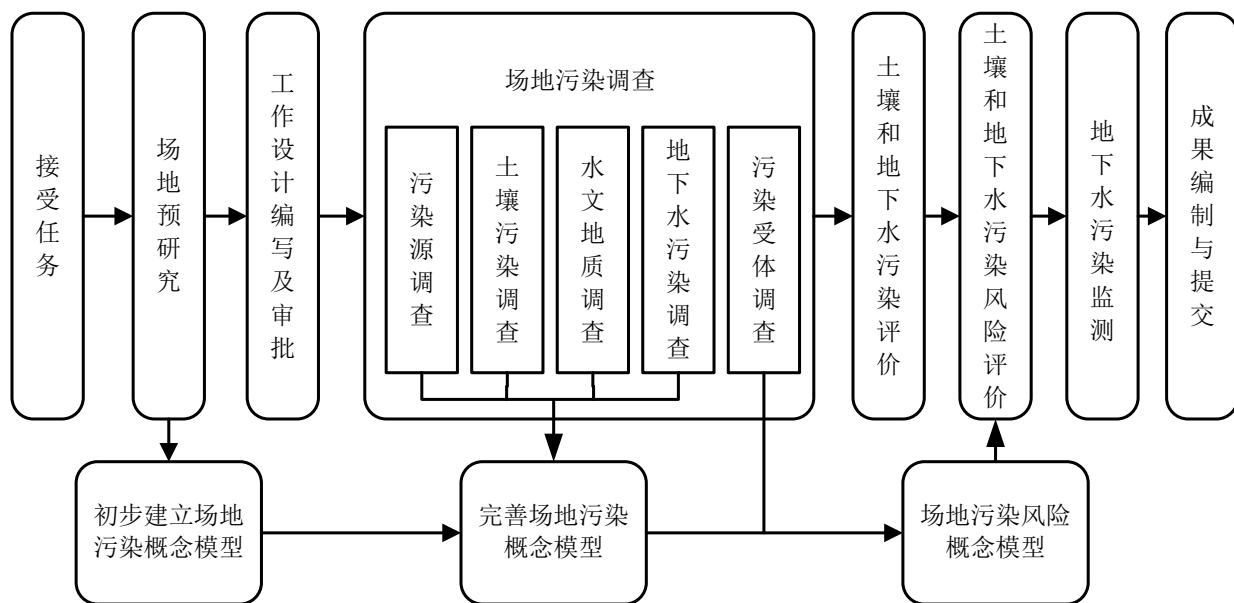


图1 场地污染调查与风险评价工作程序

4.5 工作原则

计划性原则。开展每项工作之前，应事先制定调查评价计划。明确调查目的、调查内容、调查方法、质量控制措施、健康与安全防护措施、经费使用等。

阶段性原则。场地污染调查，应有序分批布置调查的工作量。

安全性原则。场地污染调查是一项具有潜在危险的工作，调查人员应高度重视安全工作，采取预防措施，消除安全隐患，确保人身安全。

5 场地预研究

5.1 基本内容

场地预研究包括资料收集、踏勘与初步分析。

5.2 资料收集

应通过网上搜索、图书资料借阅、期刊浏览、咨询访问等途径，广泛收集场地土地利用、场地污染史、地质-水文地质等资料。场地预研究应收集的资料和信息类别及内容见表1。

表1 表场地预研究收集的资料和信息

类别	内容
场地基本信息	场地名称、地址、边界、产权归属、地理坐标等。
土地利用	不同历史时期场地及周边地域地图、规划图、航空照片、卫星遥感地图、电子地图、场地建筑物及生产布局平面图。
场地污染史	不同时期场地生产及污染活动信息，包括生产及经营活动过程中原料、产品、废弃物储存及污染排放情况，有害物泄漏、事故发生时间、影响范围，场地地面覆盖物性质、范围、时间等。
气象资料	场地及邻近区域降水、气温、风向、风速等气象要素资料；大气及降水中污染物信息。
水文资料	场地附近地表水体分布，水位与水量，纳污及排污情况（类型、位置、数量等），地表水体中污染物种类、浓度及相关水质信息。
地形地貌、地质、水文地质资料	场地及周边区域地形地貌，地层岩性，含水层系统结构，地下水补给、径流、排泄条件，地下水点（泉、水井）分布，地下水水位、水质动态，地下水流场及其演变，地下水与地表水的关系，主要的水文地质参数（渗透系数、导水系数、储水系数）等。
地下水利用情况	现状及未来规划情况下，场地及周边地下水开采布局、水井位置、成井结构、开采量、开采用途等。
土壤资料	土壤剖面结构，土壤物理化学参数（pH、氧化还原电位、阳离子交换能力、容重、含水量、孔隙度、有机碳含量）及其空间变化，土壤环境质量信息。
其它	以往土壤和地下水污染调查与研究报告，地下水质量检测报告，场地及其周边公路、水井或矿山开发建设勘探资料，建设项目工程勘察报告，场地及其周边建设项目环境影响评估报告，土壤和地下水环境质量标准、场地污染修复报告等。

5.3 踏勘

5.3.1 踏勘的主要目的是，通过观察场地及周边自然环境条件、环境污染迹象，周边区域的天然物理场及工业干扰背景情况（如高压线、变电站、地下管线等），核实所收集信息的准确性，获取与场地污染有关的新线索，初步确定场地调查的范围及污染物种类和组分。

5.3.2 应准备比例尺不小于 1:10000 调查用图，文具、皮尺、野外记录本、手持 GPS 仪、数码照相机、便携式调查仪等野外调查工具，设计踏勘调查表格。

5.3.3 踏勘一般应包括观察、访问和便携式仪器现场测试三项内容：

- a) 应观察场地及周边的地形地貌、水文、地质等环境条件，大气风向，场地边界、建筑物及地面特征，场地工作条件，影响物探仪器工作的电磁干扰环境，疑似污染或污染现象，泉及水井分布情况，场地安全隐患等；
 - b) 应对场地主管生产活动的部门及人员，见证了场地生产、经营活动的职工，场地及附近居民，管理地下水的部门及人员，地方有关部门，参照表 1 内容进行访问；
 - c) 在场地可疑污染点，用便携式仪器测量土壤物理化学指标（pH、电导率等）、可疑污染组分含量（挥发性有机物、重金属等）；在场地及周边水井、地表水、污水排放点测量水化学指标变化（溶解氧、电导率等），初步了解场地及周边土壤与地下水的污染状况。
- 5.3.4 应填写踏勘表格（表 A.1），拍摄环境及污染情况照片，将踏勘点标记在工作图上，及时存储调查点 GPS 坐标。对照场地土地利用现状与历史图，核对场地及周边单位、主要地物的名称、位置及其边界等。应将土地利用现状、可见污染源、疑似污染区域、河渠展布、地下管线等标示在工作图上。
- 5.3.5 在可见污染源或疑似重污染区及场地外围不受污染影响的区域采集少量的土壤和地下水样品，初步确定场地污染物种类和组分及场地背景值。

5.4 初步分析

- 5.4.1 编绘大比例尺土地利用及污染史信息图，图面应反映出土地利用类型及分布范围，从总体上把握场地疑似污染源分布情况。
- 5.4.2 以表格的形式，按时间顺序列出场地土地利用信息，应包括时间、产权人、使用人、主要生产及经营活动、化学产品、建筑物分布、地面覆盖、回填及开挖等。
- 5.4.3 依据收集到的钻孔、水井、土壤剖面、地下水流场等资料，编绘场地及其周边区域水文地质剖面图和地下水流场图。
- 5.4.4 依据以下信息，初步确定场地污染物检测清单：
- a) 土地利用和生产、生活过程可能产生的污染物；
 - b) 以往土壤和地下水化学组分检测结果；
 - c) 现场踏勘观察到的污染物信息（有害物质容器标签等）；
 - d) 便携式仪器现场测试结果；
 - e) 可见污染源或疑似重污染区少量代表性样品检测结果。
- 5.4.5 初步判断场地污染分布特征，按以下分类：
- a) 基本均匀分布的污染场地；
 - b) 块状均匀分布的污染场地（场地存在多个污染源，但按使用功能或污染物种类分块后，污染物在分块内分布基本均匀）；
 - c) 极不均匀分布的污染场地（存在多个污染源和多种污染物且无分块化特征的污染场地）。
- 5.4.6 综合考虑可见污染源或疑似污染源位置、污染物性质、场地历史、场地地质和水文地质条件，分析污染物可能污染的深度和范围，初步构建场地污染概念模型。

6 设计书编写与审批

6.1 设计书编写

6.1.1 编写依据与要求

设计书应依据项目任务书、场地预研究成果、有关的行业标准、技术规范和经费预算标准编写。设计书内容应简明扼要、重点突出、层次清晰、文字精炼、图表齐全、预算合理。

6.1.2 设计书内容

设计书内容包括前言、场地预研究、工作部署、工作内容与工作方法、实物工作量、组织管理与保障措施、预期成果、经费预算、设备购置必要性等，设计书编制提纲见附录B。

7 场地污染调查

7.1 污染源调查

7.1.1 基本要求

调查宜按污染源访问、污染源测绘、污染源样品采集与检测的顺序进行。

污染源调查用工作图件的比例尺一般不小于1:1000，对于大型污染场地（如农业再生水灌溉区调查或大型开发区），比例尺可适当放宽，但不能小于1:10000。

携带必要的调查工具，认真填写污染源调查表（表A.2）。

针对场地污染类型，选择适宜的具有高分辨能力物探方法设备、便携式测量仪器，并做好校准工作。

7.1.2 调查方法

污染源调查以地面调查法和便携式仪器筛查法为主、辅之以地球物理勘查方法和样品采集与检测。

7.1.3 调查内容

7.1.3.1 污染源访问

应对熟悉场地历史变迁、生产经营活动的人员进行专门访问。宜由以上人员带领，赴场地考察。调查人员要做好记录并从介绍的情况中，判断污染源可能的位置、规模、污染方式等。几种类型场地污染源访问内容如下：

- a) 工矿企业类场地。访问工艺流程，生产布局，产品、原材料及废弃物储运与处置等污染情况，生活和生产用水情况，自备井位置与结构，获取大比例尺厂区布局图及水质检测结果；
- b) 农业类场地。访问农药化肥施用情况，灌溉制度，场地周边可疑污染源分布，场地污染对人和生态的影响，获取成井资料、水质化验资料等；
- c) 涉及供水、地下排污、城市雨洪排泄、输油/气管道等城镇公共管网系统的场地，应访问系统分布、管道泄漏等情况，获取系统布局平面图。

7.1.3.2 污染源测绘

对于可见污染源，应采用地面调查法，观察污染源（点、线、面）的位置、规模、种类，追踪污染源的延伸情况，分析污染源可能污染途径，测绘可见污染源的规模。

对于隐伏污染源，应采用物探方法如地质雷达、高密度电法、土壤电导率成像仪，测量场地介质的介电值、电导率、磁化率等参数，探测场地地下管道、涵洞、阀井、储罐、渗坑、垃圾坑等隐伏污染源，确定隐伏污染源的空间位置、规模大小、污染种类。

应将观察和测量的点、线、面污染源绘制在调查底图上。

应依据污染源调查表格(A.2)信息，统计污染源的规模。

7.1.3.3 污染源样品采集与检测

应采用便携式仪器检测污染源的组分和浓度。依据便携式仪器的检测结果采集少量污染源样品做定量检测。对于点状污染源，应在典型污染源处至少采集一个样品；对于线状污染源（如污灌渠），应根

据其延伸情况，在上、中、下断面处至少各采集一个样品；对于面状污染源，应照顾面状分布情况及代表性，在场地中心及边界地带分散采集3~5个样品。

7.1.4 污染源调查结果分析

绘制污染源分布图，判断污染源分布特征，初步识别污染源对场地及周边受体的危害性。

分析检测数据，确定土壤及地下水污染物检测清单。

依据污染源分布特征、污染物检测清单，完善场地污染概念模型。

7.2 土壤污染调查

7.2.1 基本要求

应按照先调查表层土壤再调查深部土壤的顺序进行。

应按照先使用便携式仪器、物探方法快速筛查，再使用钻探方法详细调查的程序开展工作。

调查点的布设应考虑地表地形、坡度与地表径流的影响。

土壤污染调查钻孔的布设，应充分考虑水文地质调查、地下水污染调查的需要，尽量一孔多用。

7.2.2 调查方法

土壤污染调查方法包括钻探方法、便携式仪器筛查法、地球物理勘查方法，其中以钻探方法为主。

7.2.3 调查内容

7.2.3.1 表层土壤污染调查

7.2.3.1.1 调查点布设

依据前期对场地污染分布特征的判断，宜采用系统网格布点法调查表层土壤的污染状况，网格的交叉点或中心点作为调查点。

对于污染基本均匀分布或污染分布不明的场地，宜采用统一的网格尺度剖分场地（图2 a）；对于污染呈块状均匀分布的场地，宜先划分为相对均匀的块，然后在块内进行网格剖分（图2 b）；对于前期调查发现了极不均匀分布的场地，则应在部分严重污染区域加密布设调查点（图2 c）。

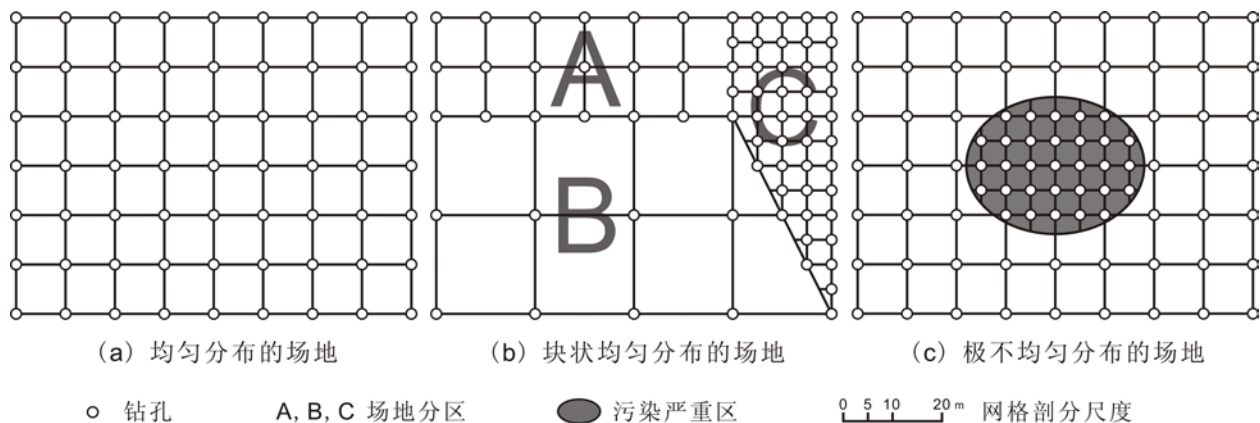


图2 表层土壤污染调查系统网格布点示意图

调查点间距依据以下情况确定：

- a) 通过污染源调查，认为场地存在不均匀分布的点状污染源且已知污染源的规模，宜采用表 2 确定调查点间距，按正方形网格剖分场地，布设调查点；

表2 不同捕获概率下点状污染源调查点间距

污染源直径 捕获概率 (m)	1	2	5	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
50%	1	3	6	9	13	19	25	31	38	44	50	56	63	75	88	100	113	125
80%	1	2	5	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
95%	1	2	4	6	8	13	17	21	25	29	33	38	42	50	58	67	75	83

- b) 若以场地敏感环境区域（幼儿园、学校、生活区、重点关注区等）为目标，且场地表层土壤污染可能为相对均匀的分布特征，按正方形网格剖分场地，布置调查点，调查点间距的确定宜选用公式（1）：

$$G = \sqrt{A/C} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- G——正方形网格调查点间距，m；
- A——场地敏感环境区域的最小面积，m²；
- C——置信度水平，一般取值在0.8~1.0之间。

- c) 若不符合上述情况，且不能判断场地表层土壤污染分布特征，宜以场地平面纵向、横向长度的1/10~1/20 比例作为调查点间距，按长方形或正方形网格剖分场地，布置调查点。

7.2.3.1.2 污染筛查及采样点确定

使用钢钎、洛阳铲、螺旋钻等，在调查点开凿直径3~8cm、深度0.3~1.0m的孔。采用便携式检测仪器（表4），检测土壤污染物的浓度。依据便携式检测仪器筛查结果，进行污染物浓度统计分析，绘制场地污染物分布等值线图。并根据筛查结果调整布设调查点，进一步开展污染筛查工作，直至满足采样点确定要求。

当调查点数量小于15时，或不能用便携式仪器筛查时，应在每个调查点采集土壤样品。

当调查点数量大于15时，应根据便携式仪器筛查结果减少取样量，按以下要求采集土壤样品：

- a) 应至少选取 15 个便携式仪器调查点（应包括最大值、最小值、频率高点）作为样品采集点，且样品采集点数量应不少于调查点的 20%；
- b) 确定污染组分定量检测值与便携式仪器筛查结果的相关关系，分析便携式仪器筛查结果的可靠性；
- c) 利用定量检测结果，绘制表层土壤污染物等值线图。当便携式仪器与定量检测的污染物分布等值线图差异较大时，应补充采样点，使两张等值线图趋于一致；若两张图不一致，以定量结果测试等值线图为准。

7.2.3.1.3 样品检测项目

样品检测项目为污染物清单中列出的化学组分。

7.2.3.1.4 表层土壤污染区域圈定

应以调查点样品采集定量检测结果为主要依据，将超出场地背景值的范围圈定为表层土壤污染区域。

7.2.3.2 深部土壤污染调查

7.2.3.2.1 物探调查

在圈出的表层土壤污染程度较高、深部土壤极可能受到污染的区域，以及场地邻近未受污染的区域，各布设1个钻孔，开展物探方法适宜性研究，获取地层结构、地下水埋深和污染程度等场地特征依据（电阻率、介电常数异常等），确定最佳物探组合方法。并将场地邻近未受污染区域的钻孔作为场地背景值点。

布置网格状物探测线，测线应穿过表层土壤污染程度较高区域和未显示污染的区域，探测深部土壤污染分布情况，识别表层土壤与深部土壤污染纵深变化情况，将深部污染范围在地面的最大投影边界作为物探识别的深部土壤污染区域。

7.2.3.2.2 钻探调查

钻探调查包括钻孔布置、钻探深度、钻探要求、样品采集与检测五项内容：

a) 钻孔布置应综合考虑表层和深部土壤污染分布范围，按以下原则进行：

- 1) 钻孔应主要布置在污染浓度高的区域和污染区域外围地带。在表层污染的区域和物探识别的深部污染区域内布置 1-2 个钻孔。外围钻孔应控制住表层污染区域和深部污染区域的外包络线，原则上包络线的拐点处应有钻孔控制，在包络线拐点稀疏处适当增加钻孔控制，如图 3 所示。钻孔数量，应视场地规模、污染复杂程度等而定；
- 2) 对于挥发性有机污染场地，外围钻孔宜由污染边界外推 3~10m；对于不挥发污染场地（如重金属污染），钻孔宜靠近污染区边界；
- 3) 布设钻孔时，应充分考虑地下水流场和地下水污染调查的要求，确定钻孔位置。

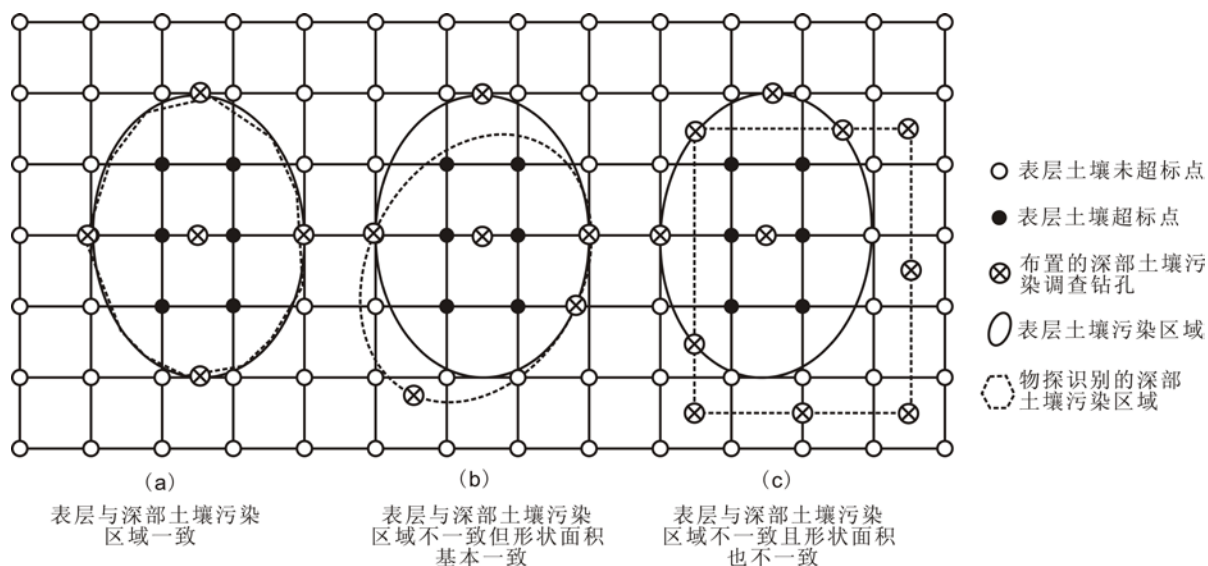


图3 深部土壤污染钻探调查布置示意图

- b) 钻探深度应参照便携式仪器跟进检测的结果确定，并要求穿过污染土层底界；
- c) 钻探时应由专业人员作编录，认真填写编录表格（表 A. 3）。岩芯由上至下按顺序排放，标记岩芯所在钻孔的编号和深度，并拍摄照片。便携式仪器检测间距不应大于 40cm，记录岩芯污染物浓度、物理化学指标等变化情况，并将测量结果填写在表 A. 4；
- d) 样品采集按以下原则进行：

- 1) 土壤污染样品。浅部取样的密度要大于深部；岩性、颜色、结构、含水量、气味突变时取样；岩性厚度较大或位于地下水波动带时加密取样；以便携式仪器现场检测结果，作为土壤样品采集的参考依据；
 - 2) 土壤理化性质样品。应参照 GB 50021-2001 及污染样品检测情况采集；
 - 3) 地下水样品。采用无水钻进方法揭露地下水后，应立即采集地下水水样，并现场测量有关的水化学指标。
- e) 样品检测。对于污染样品，应定量检测污染物清单中列出的化学组分；对于土壤理化性质样品，应分析颗粒粒级组成、孔隙度、含水量、容重、有机碳含量、阳离子交换容量、pH 值等。

7.2.3.2.3 土壤污染测井及孔间污染调查

可利用调查钻孔进行单孔或孔间物探探测，一般可选用电测井、声波测井和电磁波CT测井等物探方法（电磁波CT层析成像测井的钻孔间距应在20m以内），测量地下介质的电阻率、弹性波速和电磁波衰减度变化等参数值，进一步识别孔间土壤污染变化情况。

7.2.3.2.4 深部土壤污染范围圈定

以土壤勘查钻孔污染物浓度的定量检测结果为主要依据，参考物探解译结果，将超出场地背景值的范围圈定为深部土壤污染范围。

7.2.3.3 土壤污染调查结果分析

依据场地岩性、结构及污染调查结果，完善场地污染概念模型。

7.3 水文地质条件调查

7.3.1 基本要求

应充分利用场地及周边已有的水文地质钻孔、监测井（孔）和试验井（孔），以及土壤污染调查布置的钻孔开展水文地质调查，以节省不必要的钻探工作量。

布置的水文地质调查钻孔，应兼顾后续地下水污染调查的需要，尽可能布置在地下水污染严重的区域。

7.3.2 调查方法

水文地质条件调查方法包括资料收集、钻探、地球物理勘查和水文地质试验方法。

7.3.3 调查内容

7.3.3.1 水文地质结构

7.3.3.1.1 水文地质结构应包括包气带、含水层、相对隔水层、隔水层的岩性、厚度及其变化情况。

7.3.3.1.2 应依据下述信息，建立场地水文地质结构：

- a) 进一步收集场地及外围一定范围内已有的钻孔、水井、工程勘察孔、坑探、物探等资料；
- b) 可利用地下工程建设项目，观察、拍摄场地及周边地下结构特征；
- c) 利用土壤污染调查钻孔资料。

7.3.3.1.3 若依据上述信息仍不能建立场地完整的水文地质结构，应布置一定的物探和钻探工作量。

7.3.3.2 地下水补、径、排条件

7.3.3.2.1 地下水补给条件包括降水、人工回灌、地表水等因素。应以收集资料为主，收集场地所在

地区的降水量及其水化学变化资料（月、年），调查灌溉制度，收集或观测地表水水位、流量、水质变化资料，分析地表水与地下水的相互关系。

7.3.3.2.2 地下水径流条件应主要关注含水层渗透系数、水力坡度、厚度等因素在场地内的变化。

7.3.3.2.3 地下水排泄条件包括蒸发、开采、径流、泉等因素。应主要收集场地所在地区的蒸发量变化资料（月、年）；填写水井调查表（表 A.5），获取地下水开采利用信息；收集或观测地下水水位、泉流量及水化学变化资料。

7.3.3.3 地下水流场特征

7.3.3.3.1 地下水流场特征包括地下水埋深、地下水位标高、地下水流向、水力坡度及其动态变化。当污染可能穿越多个含水层时，还要考虑地下水流场空间变化特征。

7.3.3.3.2 若依据已有的资料不能确定场地地下水流场的特征时，应专门布置钻孔。应首先以三角形布置 3 个钻孔，初步确定地下水流场，其余宜平行或垂直地下水流向布置。钻孔数量，视场地条件确定，最少不低于 3 个/平方公里。

7.3.3.3.3 若需要了解不同埋深含水层的地下水流场特征，应建造多级监测井予以观测。

7.3.3.3.4 钻探调查要求参照 7.2.3.3.2 有关内容执行。

7.3.3.3.5 钻探完成后，应测量孔口标高、地下水埋深，计算地下水位高程，绘制地下水等水位线图，确定地下水流向、水力坡度等流场特征。

7.3.3.4 水文地质参数获取

利用已有水井、地下水专门监测井及水文地质勘察井（孔），开展水文地质试验（微水试验、抽水试验、弥散试验等），结合地面综合物探方法调查与水文物探测井资料，获取场地尺度含水层系统水动力及溶质运移参数。

7.3.3.5 水文地质调查结果分析

依据场地水文地质条件调查结果，完善场地污染概念模型。

7.4 地下水污染调查

7.4.1 基本要求

应充分利用场地内的已有井（孔），以及前期土壤污染调查与水文地质调查建成的井（孔）开展地下水污染调查，井（孔）不满足调查要求时，进行必要的补充。

调查污染源区地下水系统结构，调查场地地下水风险评价必需的参数（附录表 E.1 及 E.2）；调查地下水中污染物的组分、浓度变化及存在形式；调查地下水污染羽分布特征。

7.4.2 调查方法

地下水污染调查方法包括钻探方法、成井方法、地球物理勘查方法、地下水污染模拟方法等。其中以钻探方法及成井方法为主。

7.4.3 调查内容

7.4.3.1 地下水污染源区调查

7.4.3.1.1 钻探调查

依据深部土壤污染调查结果，在可能的地下水污染严重区域中心，以及未受污染的邻近区域布置钻

孔。钻进过程中应采用便携式仪器现场跟进检测，了解水土介质的污染状况，初步判断地下水污染的深度，观察和分析污染物存在的状态。钻探调查要求参见7.2.3.3.2有关内容。钻探初见地下水时，应立即采集水样并检测污染物清单中列出的化学组分，现场测量有关的水化学指标。

7.4.3.1.2 成井与取样检测

若污染穿越多个含水层或分布在几个含水段内，应按巢式或丛式多级监测井成井；若污染只在浅部含水层或主要集中在一个厚度较小的含水层，应接单管监测井成井。监测井成井方法见附录C。应利用监测井观测水位、采集水样，进一步分析和确定地下水中污染物的组分和浓度。

7.4.3.1.3 地下水污染特征分析

依据水土样调查结果和污染物性质，分析场地地下水污染特征。对污染物在地下水系统的存在形式（溶解相、NAPL相）、地下水污染可能的垂向和水平分布范围及相互联系（是单个污染源，还是多个地下水污染源）做出判断，并确定地下水污染特征指标。

注：NAPL为非水溶相液体。

7.4.3.2 地下水污染羽调查

7.4.3.2.1 污染羽延伸范围估计

宜采用经验法、水动力弥散法、物探方法、地下水污染模拟方法估计污染羽延伸范围，并视场地情况选择适宜的估计值：

- a) 经验法。借鉴世界发达国家积累的大量场地调查、修复的经验和案例，针对不同污染场地类型，估计地下水流向上污染羽的长度，见表3。

表3 地下水污染羽规模经验值

污染场地类型	污染羽长度 (m)
燃料碳氢化合物污染场地	76
苯污染场地	<76
苯系物 (BTEX) 污染场地	65
氯化溶剂 (PCE/TCE/DCE/VC) 污染场地	305
氯化溶剂 (TCA/DCA) 污染场地	152

- b) 水动力弥散法。利用场地含水层渗透系数 (K)、水力坡度 (i)、有效孔隙度 (n_e)、土壤容重 (ρ)，污染物在土-水间的分配系数 (K_d)，纵向弥散度 (α_l)、横向弥散度 ($\alpha_h = \alpha_l/10$)、地下水被污染的时间 (t)，按以下两种方法计算地下水污染羽纵向、横向弥散距离。

- 1) 方法1：纵向弥散距离为 $l = 2\sqrt{\frac{10s}{\pi}}$ ，横向弥散距离为 $l/10$ (其中， $s = \frac{1.1\alpha_l K \cdot i}{n_e \cdot R_f} \cdot t$ ， $R_f = 1 + \frac{K_d \cdot \rho}{n_e}$)。
- 2) 方法2：纵向弥散距离为 $l = \frac{K \cdot i}{n_e \cdot R_f} \cdot t$ ，横向弥散距离为 $l/10$ 。

注：应优先用方法1计算纵向、横向弥散距离，未获得纵向弥散度时可选择方法2。

- c) 地球物理勘查方法。利用二维或三维高精度地球物理勘探方法（如地质雷达、高密度电阻率和电导率成像等），探测地下介质的介电常数、电阻率等参数变化，识别地下水污染平面及垂向展布范围。
- d) 地下水污染模拟方法。在调查资料满足情况下，可采用计算机模拟的方法估算地下水污染羽扩散范围。

7.4.3.2.2 监测井布置

应以地下水污染源区中心为起点，沿地下水流向（纵向）和垂直地下水流向（横向）各布置一条剖面，每条剖面至少布置3-4口监测井。在地下水污染羽估计范围的纵、横边缘均应布设监测井控制。监测井的深度应根据场地含水层系统结构特征（如粘性土厚度、优势通道大小）、污染物性质等确定。成井方法见附录C。

若布置的监测井不能控制地下水污染羽的范围，应补充监测井。补充的监测井数量应与地下水污染羽规模、不均匀分布程度相适应，补充的监测井位置应根据纵横方向污染物浓度梯度进行布置。

圈定地下水污染羽范围时，监测井布置的步骤及方法如图4所示。

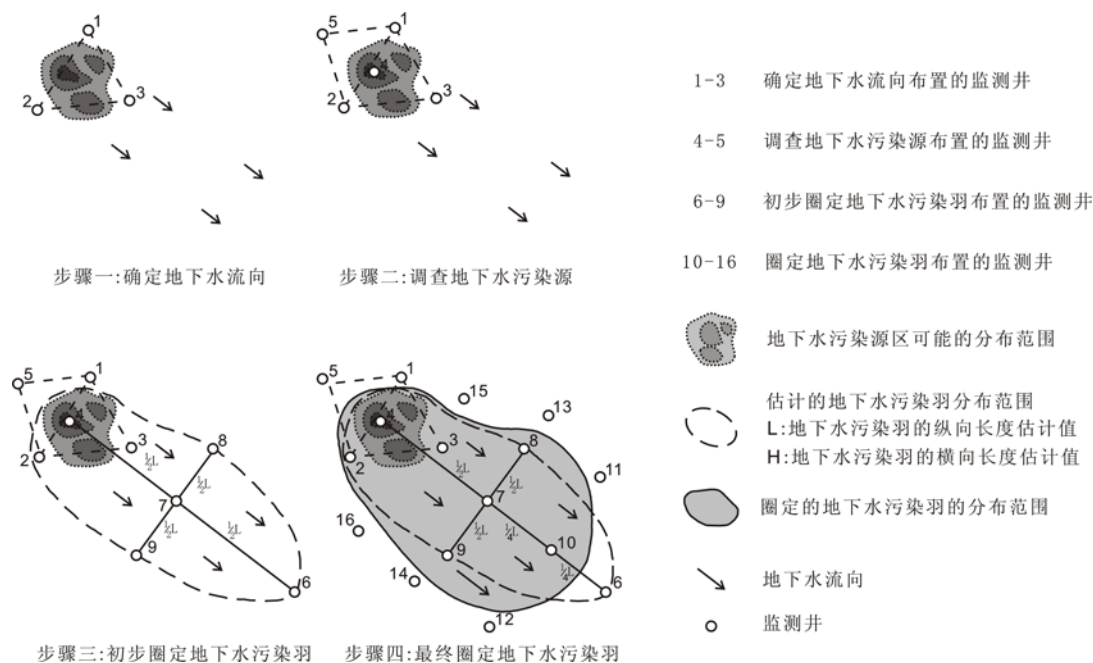


图4 圈定地下水污染羽范围监测井布置的步骤及方法

7.4.3.2.3 地下水取样与检测

在场地布置的所有监测井均应采样，至少采集2次，确定地下水中污染物的组分及浓度分布。

7.4.3.2.4 地下水污染羽圈定

依据主要污染组分物理化学性质（溶解性、密度等）、地下水系统特征及污染物浓度监测信息，分析污染物在地下水中的存在形式（NAPL相、溶解相）及位置，对照场地背景值，圈出主要污染组分在平面和垂向上的分布范围。

7.4.3.3 地下水污染调查结果分析

分析污染物在“污染源-土壤-地下水”中的迁移转化规律。
依据地下水污染调查结果，完善并形成场地污染概念模型。

7.5 污染受体调查

7.5.1 基本要求

主要调查场地及周边受体，核实丰富表A.1和表A.5中有关内容。

7.5.2 调查方法

主要采用访问、资料收集的方法进行。

7.5.3 调查内容

7.5.3.1 人群

调查场地人群类别（儿童、成人）、分布位置、活动场所及范围。

7.5.3.2 地下水

调查场地及周边一定范围内饮用水源地及饮水井的位置、抽水含水层深度、供给人数。

7.5.3.3 农作物

调查场地农作物的种类、分布特征及供给人数。

7.5.3.4 敏感生态环境

调查场地周边一定范围内敏感生态环境的位置、种类（自然保护区、水产养殖区等）、级别（世界级、国家级、地方级）、规模。

7.5.3.5 污染受体调查结果分析

依据场地及周边土地与地下水利用现状或规划要求，确定土壤和地下水污染风险评价受体的类型、位置等，结合场地污染概念模型，构建场地污染风险概念模型。

8 调查方法

8.1 基本内容

调查方法包括地面调查法、便携式仪器筛查法、地球物理勘查方法、钻探方法、样品采集与检测等。

8.2 地面调查法

地面调查法应贯穿于场地调查的始终，应注意观察与污染发生及其迁移转化的各种现象，做好野外记录，填写各类表格，拍摄典型照片。

在踏勘时，应采用穿越法，观察场地及周边的地形地貌、地物、植被、水点、污染现象等；在污染源调查时，宜采用溯源法，观察典型污染现象，追踪污染源及其延伸分布；在钻探调查时，应观察土壤的颜色、岩性、结构、气味等，水的颜色、浑浊度、气味、是否存在NAPL等。

8.3 便携式仪器筛查法

便携式仪器主要用于场地污染筛查、土壤污染分析样品筛选、地下水污染调查与动态监测等方面。便携式仪器的测量数据，大多为半定量分析结果，可用于调查分析，不可作为风险评价的数据依据。用便携式仪器开展场地污染调查，应充分了解仪器的工作原理、使用环境、检测范围、检测及校正步骤、仪器维护与保养等。

场地污染调查中常用的几种便携式仪器的类型、功能、应用见表4。

表4 便携式仪器应用说明

仪器类型	功能	应用
土壤重金属检测仪 (如x射线荧光仪)	检测土壤中的铬、镉、铜、砷、汞、铅、锌、镉等几十种金属和类金属	1. 识别污染物种类 2. 初步确定污染物浓度范围
气体检测仪 (如光离子检测仪)	检测土壤、大气中挥发性有机物以及H ₂ S、SO ₂ 、CO ₂ 、Cl ₂ 、NH ₃ 等气体的浓度	3. 初步识别表层土壤污染范围 4. 指导土壤样品的采集
水质多参数检测仪	检测水的温度、pH值、氧化还原电位(ORP)、溶解氧浓度、电导率、浊度等水质指标	1. 初步判断地下水水质变化状况 2. 指导水样样品采集
土壤多参数检测仪	检测土壤的电导率、温度、pH值、含水量等指标	1. 识别土壤参数异常范围 2. 指导土壤样品采集

8.4 地球物理勘查方法

应选择合适的地球物理方法或组合方法，识别场地土壤岩性、地层结构、地下水埋深、地下构筑物分布及土壤和地下水的污染范围。在前期调查阶段，可布置几条二维测网，初步查明污染场地与背景区物性参数差异与分布特征；在后期调查阶段，可选择典型污染区布置二、三维测网，解译污染可能的空间分布范围。场地污染调查中常用的地球物理方法测点布置及采集方法见表5，参数及应用范围见表6。

表5 地球物理调查测线/测点布置及采集方法




调查方法	测线布置方式	测点布置及采集方法
地质雷达法 (频率: 40~500MHz) (测深: 0~50m)		1. 一维测点、等间隔点测线(多频段分体天线) 2. 二维剖面连续剖面测量(中、低频组合天线) 3. 折线或平行剖面三维测网(中、低频组合天线)
电磁法 (CMD: 0.6~1.5m) (EH4: >0.5m 测深)		可布置等间隔测点，插值构成二维断面图，密布网格测线，亦可形成二维插值平面等深图
高密度电法 (极距: 0.2~5.0m) (测深: 0.5~100m)		1. 可采用电极站等间隔布置，进行多种供电和反演模式，构成场地二维电阻率测量剖面或平面等值图。 2. 场地中折线布置等间隔电极网格，构成三维测网。 3. 依据分辨率和探测深度确定电极距间隔。

表6 场地污染调查中常用的地球物理方法

方法	参数	应用
地质雷达法	介电常数、电磁波速、吸收衰减系数等	1. 石油类污染源、污染晕等污染调查； 2. 垃圾填埋场边界及渗滤液污染空间分布； 3. 探测废弃管道、阀井及污染物渗漏位置； 4. 划分场地地层结构、岩性及静水位等； 5. 圈定污灌渠、线状污染及扩散范围。
高密度电法	土壤电阻率、场地电阻率空间变化情况	1. 用于石油渗漏源、污染晕等污染调查； 2. 勘测垃圾填埋位置、边界及渗滤液空间范围； 3. 圈定城市污水渠、管道渗漏及扩散范围； 4. 测量地下水矿化度，划分咸淡水界面。
电磁法	地下介质分层电导率测量	1. 石油渗漏源、污染晕、污染羽分布等调查； 2. 圈定浅地表污染源、边界范围； 3. 城市污水渠、管道渗漏及扩散范围； 4. 测量土壤导电特性、矿化度，以及划分咸淡水界面等。
单孔物探测井方法	电阻率、自然电位、自然伽马、伽马-伽马、土壤波速 (V_p/V_s) 等	1. 适用钻孔深度大于 10 米； 2. 深部地层原位测量电阻率值、自然电位自然伽马和伽马-伽马等参数； 3. 污染土壤与地下水介质弹性参数变化等。
声波跨孔层析法	土壤介质纵横波速 (V_p/V_s)、弹性模量、泊松比、密度等	1. 适用钻孔深度大于 20 米，间距小于 30 米； 2. 描述钻孔间土壤介质断面污染源与污染范围的空间变化情况； 3. 评价污染场地地层结构与岩土特性。
电磁波孔间 CT 成像法	电磁波速、电磁波衰减度等	1. 适用钻孔深度大于 20 米，间距小于 20 米； 2. 描述钻孔间土壤介质断面污染源与污染范围的空间变化情况； 3. 评价污染场地孔间断面电磁衰减分布特征。
钻孔雷达测井法	介电常数、电磁波衰减度等	1. 钻孔雷达适用孔深大于 10 米； 2. 评价土壤与地下水介质半径小于 10 米； 3. 可用于所有污染调查勘查孔和监测孔。

8.5 钻探方法

钻探方法主要用于查明场地土壤和含水层结构、污染范围，建造监测井，采集土壤和地下水样品。应考虑场地构筑物条件、安全条件、地层岩性、勘查深度等因素选择合适的成孔方法（见表7）。一般深度小于20米且不存在卵石层的场地可采用洛阳铲、手（机械）动力钻或冲击钻机；钻进深度较大时，可先用冲击设备钻进，再改用回转钻进设备。调查挥发性有机污染物场地时，推荐采用直接压入式钻探设备。

钻探应采用清水钻进。钻探和采集样品时，应采取措施防止钻进材料、造浆护壁液、冲洗液、不同

深度地层间、取样器具等交叉污染，妥善处置钻进生成的污染水土。

钻遇较厚砂土层，应采用跟管钻进方式，以防塌孔。

表7 不同成孔方法适用条件

成孔方法	调查深度	地层条件	应用
钢钎或螺旋钻	0.8~1.0m	非坚硬岩石层	表层土壤气筛查，不能取样。
手（机械）动力钻	1.0~5.0m	土层	可采集土壤不扰动样。
洛阳铲	2.0~10.0m	土层	可采集土壤扰动样。
冲击钻	20.0~25.0m	土层及薄砂层	可采集土壤样，轻微扰动。
直接压入钻	20.0~60.0m	不含大砾石的土层	可采集土壤样、水样，轻微扰动。
冲击-回转钻	100.0~150.0m	不受限制	可采集土壤样，轻微或不扰动。
回转钻	>150.0m	不受限制	可采集土壤样，轻微或不扰动。

8.6 样品采集与检测

8.6.1 基本要求

采样前应与承担样品检测的实验室确认相关采样事宜，制定明确的采样计划。应做好样品标识，以免混淆。

采样时，应做好个人防护（佩戴乳胶/无尘手套等），每完成一个样品的采集应更换采样手套并清洁采样工具，避免交叉污染。在进行采集过程中，应填写采样记录表（表A.6、A.7）。

采样后，应核对样品与采样记录，并填写送样单。

8.6.2 采样准备

8.6.2.1 采样计划

采样计划应包括采样时间及进度、采样人员、采样点位置与数量、检测项目、采样器材种类与数量、采样试剂种类与用量、现场检测项目与仪器、现场质量控制样品种类与数量、样品送检数和时间、样品采集记录表等。同时应制定采样作业指导书。

8.6.2.2 采样器具与材料

土样采样器具可根据场地实际情况和检测项目选择。采集重金属样品，应用非金属器具，如木铲、竹片等；采集有机类样品，宜用不锈钢器具；采集挥发性有机物样品，宜用活塞式采集器。常用的土样采样方式适用的检测项目和地层情况见表8。

水样采样设备参照DD 2008-01的7.2.2准备。

根据检测项目要求，准备不同类型的水土取样容器、保护剂及封口材料。

应准备工作底图、记号笔、GPS仪、量尺、标签、采样记录表、相机等。

8.6.2.3 现场测量仪器调试

包括便携式pH计、电导率仪、溶解氧测定仪、浊度计，手持式VOC检测仪（PID）、水位测量仪/油水界面仪，便携式GPS定位仪等的调试。

表8 土样采样方式适用情况

采样方式	检测项目				地层情况					
	挥发性有机物	半挥发性有机物	农药	重金属	粘土层	粉土层	粉砂层	砂层	含水砂层	砾石层
铁铲采样	√	√	√	○	√	√	√	√	√	√
洛阳铲采样	√	√	√	○	√	√	×	×	×	×
手钻采样	×	√	√	√	√	√	√	√	×	○
冲击单管采样	○	√	√	√	√	√	○	×	×	×
回转单管采样	○	√	√	√	√	√	×	×	×	×
冲击劈管采样	√	√	○	○	√	√	√	√	×	○
冲击双套管采样	√	√	○	○	√	√	√	√	○	○

注：依据采样器的普遍性、采样效率与适用程度，依序建议：√ 为推荐使用，○ 为适用，× 为不适用。

8.6.2.4 安全防护设备准备

包括手套、安全帽、防毒面具、安全鞋、防护眼镜等的准备。

8.6.3 采样方法

8.6.3.1 土样采集

重金属类与非挥发类样品，宜采集混合样。表层土壤混合样采集方法（梅花法、对角线法等）参照 HJ/T 166-2004，将各点采集的等量样品充分混拌后四分法取样；深部土壤样品应采集同一岩性的土样，样品重量视实验室要求而定。

挥发性样品的采集，应快速采集并尽量减少对样品的扰动，禁止对样品进行混合或均质化处理。

表层土样采集深度一般在0~1.0m之间，重金属类采样深度一般为0~30cm。如果地面被一定厚度的人工材料覆盖（如水泥层），应采用专用工具开凿到土壤内。采集LNAPLs污染物应在地下水波动带加密取样，采集DNAPLs污染物应取至含水层的底部。

土壤理化性质样品采集需按照GB 50021-2001进行。

注：LNAPLs 是比重小于水的非水相液体（如汽油），DNAPLs是比重大于水的非水相液体（如煤焦油）。

8.6.3.2 水样采集

地下水样品采集可采用不洗井低流速采样或洗井采样两种方法。

采样时观察出水的颜色、浊度等物理性状，并用便携式仪器现场测量流动水中有关水质参数，至读数连续稳定方可采样（见表9）。

低流速采样，采样泵应放置在滤水管深度范围内。

洗井采样，不具备现场测量条件时，至少要抽出3倍井管内容积的水量，抽出水宜做处理。

采集多种混合污染物时，应按照挥发性有机物、总有机卤素，溶解性气体及总有机碳，半挥发性有机物，金属及氰化物，主要水质项目之阳离子及阴离子的顺序装瓶。

样品采集时，应尽量减少对采样井孔内地下水的扰动，防止将异物带入井孔。
 现场测试指标，宜按以下顺序进行：温度、溶解氧、pH、氧化还原电位、电导率。
 水样采集的其它要求参见DD 2008-01中“7.2.2采样仪器设备溶液”和“7.3.1地下水样品采集”。

表9 现场测试的水质参数及推荐稳定标准

参数	测量值波动幅度
pH	±0.1
电导率	±3%
温度	±0.1℃
溶解氧	±0.5 mg/L
氧化还原电位	±20 mV

8.6.4 样品保存

土样保存参照HJ/T 166-2004中“9 样品保存”的要求执行。

地下水采样量和保存要求参照DD 2008-01中“7.4.1 样品保存”及HJ 493-2009中“7 常用样品保存技术”的要求执行。

8.6.5 样品送检

送样前，应按照采样记录，仔细清点样品，认真填写送样单（表A.8）。

按采样计划在规定的时间内将样品送到经国家计量认证（CMA）或实验室认可（CNAS）的检测机构，运输过程中应采取必要的防损、冷藏（0~4℃）、避光等措施。

样品交接时，送样人和接样人应共同核对样品，确认无误后双方在送样单上签字（一式二份，双方各保存一份）。

8.6.6 样品检测

检测项目的检出限应满足附录D和表D.1目标检出限要求。检测方法宜选用附录D和表D.1推荐方法。

检测结果应满足以下两个要求：有效数字所能达到的数位不能超过目标检出限的有效数字所能达到的数位，如水中苯的目标检出限为0.5μg/L，检出结果为1.51μg/L则不合理，应报1.5μg/L；有效数字不超过三位，宜以科学计数法表示，如某污染物检出结果为1251.2μg/L则不合理，应报1.25×10³μg/L。

9 突发性场地污染应急调查与评估

9.1 应急调查程序

针对突发性污染事件有可能带来的重大污染事故而进行的应急快速调查及快速反应，包括污染物泄漏与周围环境快速调查、污染场地应急调查、场地危害性评估、应急措施四部分。四部分的工作一般需要依次进行，但在应急状态下界限不一定十分清晰，应尽可能地利用掌握的信息和资料为应急措施的制定提供指导，一切为尽快做出应急对策而服务。

9.2 污染物泄漏与周围环境快速调查

9.2.1 污染物泄漏调查

重点调查的信息：污染物的泄漏量、泄漏面积、泄漏形式与持续时间；污染物特性（种类及其污染物的物理、化学和生物特性）；污染物危害性（毒性、迁移性、腐蚀性、易燃性、易爆性等）。

9.2.2 周围环境调查

调查附近地表水和地下水供水水源分布情况；人口分布、生态保护区分布等。

9.3 污染场地应急调查

9.3.1 应急调查

污染场地应急调查可采用便携式测试仪，实施场地污染参数测试，采用轻便快捷的物探技术方法，如地质雷达和电导率成像仪等设备，对突发的场地污染实施快速探测，并进行现场初步成图与解译，初步确定地下污染源位置或按污染程度圈出重度、中度、轻度污染的空间分布范围。

9.3.2 取样检测

根据污染物的类型（有机污染物、无机污染物等），初步分析污染物在土壤和地下水中的环境行为（LNAPL易在含水层地下水水面“漂浮”、DNAPL趋向于在含水层底部聚集、重金属易被包气带中的粘性土吸附等），判断污染物在地下环境中的迁移和扩散范围，设计取样位置，进行取样检测。

9.3.3 水文地质条件调查

收集现场地层、岩性、水文地质资料。在资料缺少情况下，可根据地形地貌和水文地质单元初步判断地层结构情况，必要时，应通过钻探获取包气带、含水层的结构以及地下水水位埋深等资料。

9.3.4 NAPL 自由相调查

对于与水非混溶的污染物（NAPL污染物），应进一步调查泄漏是否导致地下环境中存在“自由相”的NAPL污染物，并确定其分布范围和垂向位置。

9.4 场地地下水污染危害性评估

9.4.1 污染物包气带入渗深度评估

在应急条件下，事故场地泄漏的污染物是否能够进入地下水是判断污染物迁移扩散影响范围的关键，可以通过调查资料估算污染物的平均入渗深度。

对于NAPL污染物：

$$h_m = \frac{Q}{A\rho_b D 10^{-6}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

h_m ——污染物平均入渗深度（ m ）；

Q ——入渗污染物总量（ kg ）；

A ——场地污染物泄露区面积（ m^2 ）；

ρ_b ——场地土壤干容重（ kg/m^3 ）；

D ——场地土壤污染物的饱和浓度（ mg/kg ）。

对于可混溶的无机污染物:

$$h_m = \frac{V}{A(n-\theta)} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

V —— 泄露入渗地下的溶液总体积 (m^3) ;

A —— 场地污染物泄露区面积 (m^2) ;

n —— 有效孔隙度;

θ —— 土壤初始含水量 (无量纲)。

将污染物平均入渗深度与地下水水位埋深进行比较,可大致判断事故泄漏是否会导致污染物进入地下水。上述公式只是针对污染物泄漏后进行的应急评估,对于后期降水、地表水等入渗影响并未涉及。

9.4.2 污染物进入含水层后的迁移速度估算

可以利用达西公式对与水可混溶的污染物在地下含水层中的对流迁移进行计算(与水非混溶的污染物,其迁移速度的估算比较复杂和困难,仅供参考):

$$V = -\frac{K}{n_e} \frac{\Delta h}{\Delta l} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

V —— 污染物对流迁移的速度 (m/d) ;

K —— 渗透系数(m/d) ;

n_e —— 有效孔隙度 (无量纲) ;

$\frac{\Delta h}{\Delta l}$ —— 水力梯度 (无量纲), Δh 为污染物迁移路径上的水头差, Δl 为相应的迁移距离。

9.5 应急处置措施

9.5.1 包气带污染应急处置措施

当泄漏污染物没有进入地下水,只造成包气带污染时,应采取如下应急措施:

- a) 收集污染液体、开挖污染土壤。适用于较小的泄漏量和污染范围,收集的污染液体和污染土壤应进行集中处理;
- b) 修建防渗工程,避免降雨或地表水入渗使包气带中污染物进入含水层,具体包括:地表排水系统、防渗覆盖或垂向防渗等。

9.5.2 含水层污染应急处置措施

当泄漏污染物已经进入地下水,污染了含水层时,应采取如下应急措施:

- a) 在污染源处采用地下水抽取-处理技术,该技术控制污染物的扩散,适用于抽取自由相 NAPL 污染物和部分高污染浓度的地下水并回收 NAPL,集中处理抽出的污染地下水;
- b) 控制地下水流场,减缓地下水流速,可采用控制下游地下水开采等方法;
- c) 在污染风险和危害大的情况下,可设置垂向阻截屏障(泥浆墙、粘性土防渗墙等)、水力截获技术。

9.6 应急监测

充分利用土壤和地下水污染场地应急调查的井孔，进行取样检测，分析判断污染程度、污染羽范围及扩展速度，为进一步制定防控措施提供依据。

10 质量控制

10.1 野外质量控制

10.1.1 野外质量控制是场地污染调查获取可靠数据的重要保证之一。为此项目调查人员要高度重视野外工作的每一个环节，严格按照各种野外作业规程、规范、技术要求开展工作。

10.1.2 应认真、仔细、属实地填写各类野外表格。野外记录应用铅笔填写，字迹清晰、工整。

10.1.3 野外工作使用的仪器、设备等应经常维护，保证正常运行。正式使用前应测试校正并做记录，校正符合要求后，方可采集数据。

10.1.4 人工测量数据，应至少由两人读取。

10.1.5 野外调查与记录表格应实行调查人、记录人、审核人三级审验与签字制度。

10.1.6 地下水应按要求采集质量控制样，原则上有机样品每批(约 20 个样品)取重复样、空白样、加标样各一组。若用同一种设备采集不同水点水样，应至少采集一个设备空白样。

10.1.7 应采取有效措施防止调查工具、取样器具等带来的交叉污染。

10.1.8 当勘察钻孔穿越多层含水层系统时，应采取措​​施，防止含水层之间的交叉污染。

10.1.9 监测井成井材料(管材、滤料、封隔物等)不能含污染物。

10.2 室内质量控制

室内质量控制应参考HJ/T 166-2004中“13 质量保证和质量控制”和DD 2008-01中“8.2 样品测试质量控制”有关要求。实验室应提供室内质量控制表，并确认样品分析结果符合要求。

11 土壤和地下水污染评价

11.1 基本要求

污染评价要以污染调查资料为依据，包括评价因子、评价指标、评价标准及评价方法四个方面。评价结果以定量化数据、图表等形式表达污染程度及空间变化。

11.2 污染评价

11.2.1 评价因子

评价因子以污染物检测清单为依据。

11.2.2 评价指数

评价指数应包括检出率、超标率、超标倍数、单项污染指数。

11.2.3 评价标准

应采用场地背景值或标准值作为评价标准。

土壤污染评价标准值采用HJ 350-2007，地下水污染评价标准值根据不同用途确定，具体见“12.2.5 表11 地下水用途及污染风险评价标准推荐”。

11.2.4 评价方法

11.2.4.1 检出率

检出点率(%)=检出点数/检测点数。

检出点率表达的是污染物在场地存在分布状况。

检出项率(%)=样品污染物检出项/样品检测项。

检出项率表达的是场地某一点污染复杂程度,也是反映调查人员制定的污染物检测清单准确程度的一个指标。

11.2.4.2 超标率

超标率(%)=超标点数/检测点数。

超标率表达的是污染物在场地的污染分布状况。

11.2.4.3 超标倍数

超标倍数=(某污染物实测值-某污染物标准值)/某污染物标准值。

超标倍数表达的是污染的危害程度,其值大于0的污染物,应列为风险评价因子。

11.2.4.4 单项污染指数

计算公式:

$$I = \frac{C - C_0}{C_{\text{标}}} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

I ——某评价因子的单项污染指数,无量纲;

C ——某评价因子的实测值,单位由实测给出;

C_0 ——某评价因子场地背景值,单位同实测值;

$C_{\text{标}}$ ——某评价因子标准值,单位同实测值。

单项污染指数表达的是场地污染的危害程度,其值大于0的污染物,应列为风险评价因子。

12 土壤和地下水污染风险评价

12.1 土壤污染风险评价

12.1.1 基本要求

12.1.1.1 应在完成了场地土壤污染调查且只有当污染评价确认场地内的土壤受到了污染的情况下才进行污染风险评价。

12.1.1.2 土壤污染风险评价以定性评价为主。

12.1.2 评价目标受体

主要评价污染土壤对场地内和邻近区域人群健康、地下水、农作物、敏感生态环境的风险。

12.1.3 评价污染物

应结合土壤污染评价结果选择评价污染物,将评价中超标倍数或单项污染指数大于0,且对人类健康和环境危害较大的化学组分作为风险评价污染物。

12.1.4 评价方法

应针对不同的目标受体，选用不同的方法评价：

- a) 人群健康。依据现状土地利用状况、土壤污染浓度及平面分布，直接参考国内外相关标准的指导值、限值、修复行动值进行定性评价；或采用国家环境保护部 污染场地风险评估技术导则、美国的RBCA（Risk-Based Corrective Action）、英国的CLEA（Contaminated Land Exposure Assessment）等评价方法进行定量评价；
- b) 地下水。宜通过包气带的渗透性、场地的降水量及污染物的下渗能力等几个方面评价场地污染源区污染物对其下面地下水污染的可能性。宜采用美国 DRASTIC 模型、本技术要求附录 E 目标浓度反演法（情形 1）、美国的 RBCA 方法进行评价；
- c) 农作物。从影响农作物生长、产量的风险，以及由食用农作物对人体产生的间接危害风险两个方面去评价。可直接采用农田质量标准进行定性评价；
- d) 敏感生态环境。评价表层污染土壤在地形、降水径流、风力等作用下，迁移和流入污染场地内或邻近功能水体、自然保护区等敏感生态环境风险。宜采用国家环境影响评价方法评价。

12.2 地下水污染风险评价

12.2.1 基本要求

12.2.1.1 应在完成了场地土壤和地下水污染调查且只有当污染评价确认场地内的土壤或地下水受到了污染的情况下才进行地下水污染风险评价。

12.2.1.2 应结合土壤和地下水污染评价结果选择评价污染物，依据地下水现状和未来利用情况，合理设置地下水污染评价的位置和目标体。

12.2.1.3 地下水污染风险评价必须在水文地质专业人员参与或指导下进行。水文地质人员应具有一定的数值模拟经验和污染水文地质的基础知识。

12.2.2 评价情形

在进行地下水污染风险评价时，应考虑以下两种情形（图5）的地下水污染风险评价：

——情形1：场地土壤层（表层土壤或和非饱和带土壤）受到了污染，而场地地下水未受到污染，需要评价场地土壤污染源区地下水被污染的风险。

——情形2：场地土壤和地下水均受到了污染，需要评价场地下游或外围某一位置处（如水井）地下水被污染的风险。

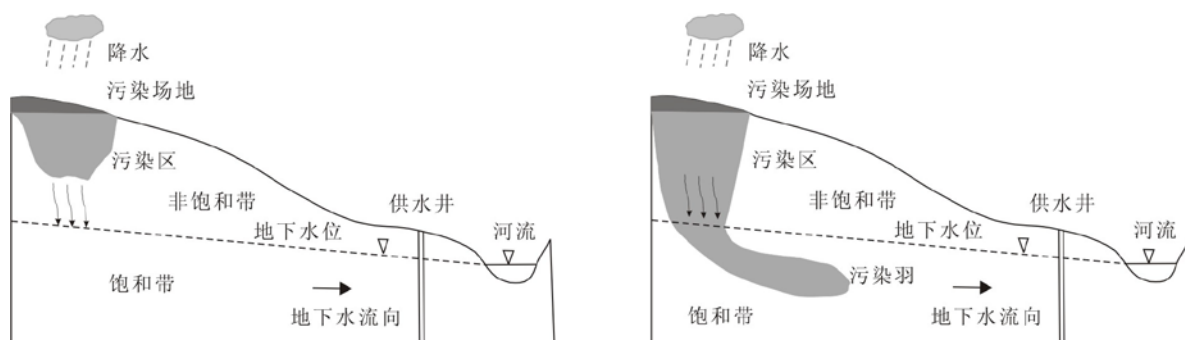


图5 地下水污染风险评价情形示意图（左：情形 1，右：情形 2）

12.2.3 评价污染物

应结合土壤和地下水污染评价结果选择评价污染物，将评价中超标倍数或单项污染指数大于0，且对人类健康和环境危害较大的化学组分作为风险评价污染物。

12.2.4 评价方法

本技术标准推荐采用目标浓度反演法和过程模拟法两种方法评价地下水的污染风险，具体步骤及要求见附录E和附录F。

在实际工作中，还可以根据场地具体情况、污染物性质、评价的精度要求、调查资料满足程度等条件选择其它评价方法。条件允许时，宜采用多种评价方法进行对比。

12.2.5 目标浓度

目标浓度的确定应以地下水的用途为依据，采用相应的国家标准或行业标准作为风险评价标准，对于国内标准未列出的污染物，可参照国外相关标准。地下水用途及污染风险评价国内标准见表11。

12.2.6 评价步骤

无论采用哪种评价方法，应包括资料收集、污染风险概念模型建立、数学模型选择、参数敏感性分析、污染物浓度预测或计算、地下水污染风险表征与判断、不确定性分析关键步骤。

表10 地下水用途及污染风险评价标准

地下水用途	标准
饮用水源地	《生活饮用水卫生标准 (GB 5749-2006)》
工业用水	《城市污水再生利用 工业用水水质 (GB/T 19923-2005)》
灌溉用水	《农田灌溉水质标准 (GB 5084-2005)》
补给地表水	《地表水环境质量标准 (GB 3838-2002)》，依据用途确定

13 地下水污染监测

13.1 目的

地下水污染监测的目的是掌握地下水流场、污染物浓度、污染羽分布范围的长期动态变化，验证地下水污染风险评价的假设和结论，提出污染场地地下水修复治理的方向。

13.2 基本要求

13.2.1 地下水污染监测应在地面污染源调查、土壤污染调查、地下水污染调查和水文地质调查成果综合分析的基础上进行。

13.2.2 地下水污染监测方案一般应包括监测井布设、取样深度、监测指标和监测频率，并附监测井平面位置图。

13.2.3 地下水污染监测周期应不少于 1 个水文年。

13.3 监测方案

13.3.1 监测井布设

13.3.1.1 监测井的数量及位置，应考虑污染源规模、污染羽分布特征、水文地质条件、风险评价目标点位置和监测费用等因素确定。若现有井（孔）不满足监测要求，应补充新的监测井。

13.3.1.2 在平面上应以地下水污染源为中心，沿地下水流向呈扇形或椭圆形展开。一般在污染源的上游至少布置一个地下水场地背景值监测井，在污染源和污染羽边缘至少布置两个监测井，在污染源与评价目标点之间至少布置一个监测井，在目标评价点至少布置一个监测井。

13.3.1.3 在垂向上依据污染物的分布特征设置监测层位和井深。若存在 LNAPLs，监测层位宜设置在地下水变动带；若存在 DNAPLs，监测层位宜设置在含水层底部。

13.3.1.4 监测井成井方法见附录 C。

13.3.2 取样深度

13.3.2.1 潜水监测井中水深小于 20m 时，宜取两个水样，取样点深度分别在井水位以下 1.0m 以内和井水深 3/4 处。

13.3.2.2 潜水监测井中水深大于 20m 时，宜取三个水样，取样点深度分别在井水位以下 1.0m 以内、井水深 1/2 处和 3/4 处。

13.3.2.3 （微）承压水监测井宜取两个水样，取样点深度分别在井水位以下 1.0m 以内和井水深 1/2 处。

13.3.3 监测项目

13.3.3.1 浓度高、风险大的特征污染物。

13.3.3.2 地下水水位、水温、pH 值、溶解氧、氧化还原电位、电导率等现场检测指标。

13.3.3.3 硝酸盐、硫酸盐、二价铁、二价锰、碱度、氯离子等反映自然净化能力的化学指标。

13.3.3.4 化学耗氧量（COD）、五日生化耗氧量（BOD5）、总有机碳（TOC）等综合性污染指标。

13.3.4 监测频率

13.3.4.1 特征污染物、综合性污染指标、自然净化能力的化学指标，每年应至少监测 4 次，其中丰、枯水期各一次。

13.3.4.2 现场检测指标应尽可能实施现场自动监测，若用人工监测，每月至少 1 次。

14 资料整理与成果编制

14.1 整理要求

14.1.1 应按照中国地质调查局野外资料验收的有关规定整编。

14.1.2 宜采取以下方法整编原始资料：

- a) 以调查内容或调查技术方法作为分类整编原始资料的依据；
- b) 将各类纸介质形式的原始资料，按调查时序排列、汇编成册、形成卷宗，并附上资料清单；
- c) 将各类电介质原始资料（如 Excel 测试分析结果），按类建立文件夹，按调查时序建立子文件夹，并刻录成光盘。

14.2 原始资料分类整理

14.2.1 地质—水文地质资料

14.2.1.1 岩芯编录表：场地钻孔的岩芯编录表格。

14.2.1.2 成井结构图：在场地建立的多级监测井、简易观测孔、水文地质试验井成井的资料。

14.2.1.3 洗井资料：多级监测井、简易观测孔、水文地质试验井洗井记录表，洗井过程现场测定的地下水水化学指标的历时变化表等。

14.2.1.4 岩土工程资料：岩性定名、土壤颗粒粒级分析、物理参数测试结果。

14.2.2 场地土地利用及污染史资料

包括不同历史时期场地及周边平面图和场地生产及污染活动信息。

14.2.3 污染源调查资料

包括调查表格、照片、录像资料等，污染源分布图等。

14.2.4 表层土壤污染调查资料

包括调查区域网格剖分与取样点分布图，土壤取样污染物检测结果及便携式仪器筛查资料。

14.2.5 深部土壤污染调查资料

包括钻孔深部土壤样品便携式仪器检测及污染物实验室检测结果。

14.2.6 地下水污染调查资料

包括便携式水质仪现场检测结果和水样实验室检测结果，钻进过程中初见地下水的实验室检测结果和监测井（孔）地下水污染动态监测结果。

14.2.7 地球物理勘查资料

应按各种地球物理方法如地质雷达、高密度电法、综合测井等整理。

14.2.8 水文地质试验资料

包括各种水力试验（如抽水试验、注水试验等）、弥散试验、示踪试验等资料，如水位随时间变化观测表，抽/注水井及观测孔分布图、初始流场图、地下水等降深线图、井（孔）地下水示踪剂浓度的历时记录表等。

14.2.9 其它资料

包括合同、任务书、设计书、质量管理报告、野外验收资料、仪器仪表信息、场地调查走访对象信息、项目审查验收意见书等。

14.3 资料数字化分析

14.3.1 电子化或数值化整理

应将野外原始资料输入计算机，形成数据文件，建立场地数据库，并做好数据文件的备份工作。

14.3.2 统计分析

应采用专业数理和地质统计分析软件（如EXCEL、SPSS、SAS、GISPLAY等）分析场地土壤和地下水中污染物统计特征、相关关系和空间分布特征，地下水水位、水质动态特征等。

14.3.3 表格输出

应在统计分析的基础上，输出表格。一般应包括：实物工作量统计表，土壤（表层、深层）中污染物浓度统计表，地下水中污染物浓度统计表，地下水水位、水质参数动态特征统计表等。

14.3.4 图件编制

14.3.4.1 图件编制应符合以下要求：

- a) 可采用专业绘图软件（MAPGIS、CorelDRAW、AutoCAD等）绘图；
- b) 平面图上应标示出图例、地理坐标北方向、线状比例尺、责任栏（制图人、审核人、日期）等，剖面图上应标示出深度、剖面方向、图例、责任栏等；
- c) 图面大小、比例应适中，图中字及符号清楚，色彩搭配合理，地层岩性图示和符号应符合地质调查和工程地质勘察有关规范要求。

14.3.4.2 编制的图件内容如下：

- a) 场地调查实际材料图。包含场地及周边调查点、线分布，钻孔、监测井（孔）位置，地球物理勘查布置，垂向取样等信息。
- b) 场地水文地质图。主要包括以下图件：
 - 1) 场地水文地质结构图。应采用剖面 and（或）立体空间形式表达场地岩性、水文地质结构、地下水埋深等要素的变化；
 - 2) 场地地下水流场图。一般采用平面图展示被污染含水层流场变化，若场地监测了不同含水层（段）的水头变化，应绘制不同含水层（段）平面流场及剖面流场的变化。
- c) 场地污染特征图。主要包括以下图件：
 - 1) 场地污染源分布图。主要是场地点、线、面状污染源的分布情况，场地复杂时，宜分区、分类表示；
 - 2) 场地土壤主要污染物分布图。展示场地土壤主要污染物浓度在不同深度、不同方向二维分布和空间分布；
 - 3) 场地地下水主要污染物分布图。展示地下水中主要污染物浓度的平面和垂向分布。
- d) 场地井（孔）综合信息图。包括深度、岩性及特殊结构、取样点类型及位置、地下水埋深、水文地质结构、污染物浓度及有关物理化学参数随深度的变化等信息；
- e) 场地污染概念模型图。宜采用多条剖面图展示，图中应反映出含水层、相对隔水层、地下水水位埋深、地下水流向、污染空间分布等信息。

14.4 报告编写

应在充分整理与分析资料的基础上编写成果报告，报告的编写提纲见附录G。

15 成果提交

提交的成果报告应包括：

- a) 场地土壤和地下水污染调查与风险评价报告；

- b) 场地土壤和地下水污染调查系列图件。其中必须提交的图件是：
- 1) 场地调查实际材料图；
 - 2) 场地水文地质结构图；
 - 3) 场地地下水流场图；
 - 4) 场地污染源分布图；
 - 5) 场地土壤主要污染物分布图；
 - 6) 场地地下水主要污染物分布图。

附 录 A
(规范性附录)
场地污染调查表格

表A.1至表 A.8规定了野外调查、采样、送样工作表的填写格式和内容，共有8个表格构成，分别为场地踏勘表、污染源调查表、钻孔编录表、土层污染现场检测表、水井调查表、地下水采样记录表、土壤采样记录表、送样单。

表A.1 场地踏勘表

野外编号		位置		统一编号	
GPS 编号		经度: ° ' " ;	纬度: ° ' " ;	标高: m	
天气状况: <input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 多云 <input type="checkbox"/> 阴 <input type="checkbox"/> 雨 <input type="checkbox"/> 雪 <input type="checkbox"/> 其他			风向	风级:	
调查点类别: <input type="checkbox"/> 地质点 <input type="checkbox"/> 地形、地貌点 <input type="checkbox"/> 水文点 <input type="checkbox"/> 污染点 <input type="checkbox"/> 疑似污染点 <input type="checkbox"/> 水井 <input type="checkbox"/> 泉 <input type="checkbox"/> 其他					
访问记录	受访人姓名:		单位:	联系电话:	
	(土地利用历史、污染活动情况、水井结构及地下水开采利用情况等)				
观察描述	(调查点及附近地质、水文、土壤、植被、受体、敏感环境等,特别是与污染迹象有关的特征)				
现场测试	(便携式仪器名称及测试数据)				
照片	照片编号:	主题:	调查点素描图		
	照片编号:	主题:			
	照片编号:	主题:			
	照片编号:	主题:			
	照片编号:	主题:			
	照片编号:	主题:			
	照片编号:	主题:			
下一步调查建议 (调查点是否需要进一步调查。若需要,调查的内容、拟采用的调查方法等):					

调查人:

记录人:

审核人:

调查日期:

表A.2 污染源调查表

野外 编号		位置		统一 编号	
GPS 编号		经度： ° ' " ; 纬度： ° ' " ; 标高： m			
天气状况： <input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 多云 <input type="checkbox"/> 阴 <input type="checkbox"/> 雨 <input type="checkbox"/> 雪 <input type="checkbox"/> 其他			风向：	风级：	
污 染 源 特 征	污染源名称：				
	污染源相态： <input type="checkbox"/> 气体 <input type="checkbox"/> 固体 <input type="checkbox"/> 液体 <input type="checkbox"/> 混合体 <input type="checkbox"/> 其他				
	污染源中可能的污染物种类或组分：				
	污染源形状：				
	污染源规模：体积（长： m；宽： m；高： m）： m ³ 面积（长： m；宽： m）： m ²				
污 染 源 防 护 情 况					
污 染 源 对 周 边 环 境 影 响					
污 染 源 素 描 图					
现 场 测 试	（便携式仪器名称及测试数据）				
采 样 情 况	编号	样品类型	样品描述	取样方式/方法	拟分析项目
照 片	照片编号：	主题：	照片编号：	主题：	
	照片编号：	主题：	照片编号：	主题：	

调查人：

记录人：

审核人：

调查日期：

表A.3 钻孔编录表

钻孔编号:		位置:		
GPS 经度: ° ' " ; 纬度: ° ' " ; 标高: m; 误差: m				
天气状况: <input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 多云 <input type="checkbox"/> 阴 <input type="checkbox"/> 雨 <input type="checkbox"/> 雪 <input type="checkbox"/> 其他		风向: 风级:		
施工情况记录 (钻机类型及型号, 钻进方式、变径、事故等):				
深度段 (x.x m~x.x m)	描述内容 1. 岩性: 野外定名以工程勘察规范命名; 2. 物理性状: 颜色、气味、潮湿度等; 3. 结构: 如根系、蜂窝孔等; 4. 初见地下水深度; 5. 其它现象。	取样 深度	取样情况	
			分析项目 (取了打“√”, 未取打“×”)	
			粒级分析	
			理化指标	
			VOCs	
			SVOCs	
			其它	
			粒级分析	
			理化指标	
			VOCs	
			SVOCs	
			其它	
			粒级分析	
			理化指标	
			VOCs	
			SVOCs	
			其它	
			粒级分析	
			理化指标	
			VOCs	
			SVOCs	
			其它	

编录人:

审核人:

调查日期:

第 页/共 页

表A.4 土层污染现场检测表

野外 编号		位 置		统一 编号			
GPS 编号	经度: ° ' " ; 纬度: ° ' " ; 标高: m;						
天气状况: <input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 多云 <input type="checkbox"/> 阴 <input type="checkbox"/> 雨 <input type="checkbox"/> 雪 <input type="checkbox"/> 其它			风向:		风级:		
仪器:			型号:		产地:		
土样采集方式: <input type="checkbox"/> 洛阳铲 <input type="checkbox"/> 手动钻 <input type="checkbox"/> 冲击钻 <input type="checkbox"/> 冲击-回转钻 <input type="checkbox"/> 其它							
测量方法: <input type="checkbox"/> 嵌入土芯测定法 <input type="checkbox"/> 袋内土样测气法 <input type="checkbox"/> 密闭容器测气法 <input type="checkbox"/> 其它							
点附近污染状况描述			调查点及周边地物位置素描图				
深度 (m)	测量参数					岩性简述	备注

调查人: 记录人: 审核人: 调查日期: 第 页/共 页

表A.5 水井调查表

野外 编号		所在图幅 及编号		统一 编号	
GPS 编号		经度: ° ' " ; 纬度: ° ' " ; 标高: m;			
行政位置: 省 市 县 乡(镇) 村			归属:		
天气状况: <input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 多云 <input type="checkbox"/> 阴 <input type="checkbox"/> 雨 <input type="checkbox"/> 雪 <input type="checkbox"/> 其他			风向:		风级:
受访人姓名:		单位:		联系电话:	
井 的 用 途	<input type="checkbox"/> 饮水 供给人数:	<input type="checkbox"/> 农灌 灌溉面积:	<input type="checkbox"/> 工业	<input type="checkbox"/> 其他	
	成井 历史		成井时间: 打井单位:		
		打井资料管理部门:		井原编号:	
井的 特征	井深: m; 井径: mm; 井口高程: m; 井台高度: m;		滤水管深度: m; 水泵类型: 抽水能力: 立方米/小时		
	常年性开采		季节性开采		
地下 水开 采情 况	开采频率: 次/天		开采时段	天数	日开采量
	次开采时间: 小时/次				
	年开采量: 万方/年				
采样情况(采样编号、取样方式/方法、采样种类、拟分析项目等):					
现场 测试	温度:	电导率:	pH:		其它
	溶解氧:	氧化还原电位:	水位埋深:		
井周边环境及污染情况描述:			井及周围地物平面素描图:		
照片	照片编号:		主题:		
	照片编号:		主题:		

采样人: 记录人: 审核人: 第 页/共 页

表A.6 地下水采样记录表

统一编号		样品编号		照片编号	
地理位置	省(市) 市 县(区) 乡(镇) 村				
地理坐标	经度: ° ' " ; 纬度: ° ' "				
水点类型	<input type="checkbox"/> 泉 <input type="checkbox"/> 井 <input type="checkbox"/> 其它		地下水用途		
采样时间	年 月 日 时 分		天气		气温
采样点高程		地下水埋深		采样深度	
检测项目	采样方法	体积及数量		保护剂	
现场测试	水温		电导率		氧化还原电位
	pH		溶解氧		浊度
采样点周围环境描述	土地利用类型	<input type="checkbox"/> 城市(住宅区、工业、商业、其它) <input type="checkbox"/> 农业(灌溉农田、非灌溉农田、其它) <input type="checkbox"/> 牧业 <input type="checkbox"/> 林业 <input type="checkbox"/> 矿业 <input type="checkbox"/> 荒地 <input type="checkbox"/> 其它			
	可能影响地下水质的周围环境(100m范围内)	<input type="checkbox"/> 矿渣 <input type="checkbox"/> 油井 <input type="checkbox"/> 化工厂 <input type="checkbox"/> 冶炼厂 <input type="checkbox"/> 储油罐/输油管 <input type="checkbox"/> 加油站 <input type="checkbox"/> 垃圾场 <input type="checkbox"/> 养殖场 <input type="checkbox"/> 干洗店 <input type="checkbox"/> 化粪池 <input type="checkbox"/> 机场 <input type="checkbox"/> 公路 <input type="checkbox"/> 其它			
采样点示意图	平面图或剖面图		备注		

采样人:

记录人:

审核人:

第 页/共 页

表A.7 土壤采样记录表

样品编号	地点	GPS 坐标	取样深度 (m)	土壤类型	采样方式	检测项目	采样时间	备注

采样人:

记录人:

审核人:

第

页/共

页

表A.8 送样单

送样批次: 本批样品数量: 送样时间:

送样单位					送样人	
收样单位					收样人	
序号	样品编号	样品类别	体积或重量×数量	检测项目	采样时间	备注
1	SH9	水样	40ml×2, 1L×2	VOC、SVOC	2011-8-6, 9: 37	示例

附 录 B
(规范性附录)
设计书编制提纲

第一章 前言

第一节 项目概况

包括任务来源，任务书编号及项目编码，项目的目的、任务和意义，工作起止时间，主要工作量、总预算和年度预算经费额度。

第二节 以往工作程度

场地以往的环境影响评价工作，区域地质和水工环地质工作情况及其与本次调查评价工作相关的成果与资料。

第二章 场地预研究

第一节 自然地理概况

包括地理位置、气象水文、地形地貌等。

第二节 场地所在区域地质、水文地质条件

包括地层岩性、含水层系统结构、地下水流场等。

第三节 场地土地利用及污染情况

包括场地及其周边不同历史时期土地利用、生产及污染活动情况、场地污染种类及组分。

第四节 场地工作条件

包括场地准入条件，调查技术方法在场地适用性等。

第五节 场地预研究结论

初步分析场地污染特征，初步构建场地污染概念模型，设计合理的调查工作方法。

第三章 工作部署

工作部署是设计编制的主要章节，设计审查时将对每项内容进行严格审查。包括部署原则、总体思路、技术路线、工作部署、工作计划、年度工作安排等。在编写过程中要对所收集的资料认真分析，并对部署分节论述，应重点突出，层次清晰。

第四章 工作内容与工作方法

分别论述场地调查及评价的主要内容与工作方法的具体应用。

第五章 实物工作量

详细列出开展调查与评价各项工作的实物工作量。

第六章 组织管理与保障措施

包括项目的管理协调体系，人员的组成、分工，技术装备，项目质量保证措施和安全及劳动保护措施等。

第七章 预期成果

包括阶段性总结报告、最终调查评价成果报告、野外调查原始资料以及相关图件等。

第八章 经费预算

按中国地质调查局项目预算编制相关要求编写。

第九章 设备购置必要性。

附 录 C
(资料性附录)
监测井成井方法

C.1 建井材料准备

建井材料主要包括成井管材、过滤材料和封隔材料。

选择适当的建井材料，防止材料之间以及材料与地下水之间的物理、化学相互作用。

成井管材。应由坚固、耐腐蚀、对地下水水质无污染的材料制成。对有机污染的地层，宜采用不锈钢管作为成井管材，对非有机污染的地层，宜采用PVC-U管作为成井管材。一般单管监测井、丛式监测井、巢式监测井管材直径 $\geq 75\text{mm}$ 。

过滤材料。应该由化学性质稳定、表面光滑、球形颗粒状、尺寸均匀、成分已知的材料构成，一般使用分级石英砂作为过滤材料。使用前应冲洗过滤材料。监测井围填的过滤材料，其颗粒尺寸应根据含水层颗粒筛分数据确定，在砂土类含水层中按 $D_{50} = (6-8) d_{50}\text{mm}$ 确定。

封隔材料。一般为膨润土和水泥材料。

C.2 钻进

采用螺旋钻进、冲击钻进、空气回转钻进、冲洗液回转钻进等钻探方式成孔。

钻孔直径根据监测井井管直径而定，应保证围填滤层厚度不低于50mm。

钻孔深度小于100m时，其顶角偏斜不得超过1度；深度大于100m时，每百米顶角偏斜的递增数不得超过1.5度。

钻进设备及机具进入场地前应进行彻底清洗，避免污染物带进场地。

回转钻进成孔时，使用清水钻进，孔壁不稳定时，应采用临时套管护壁。

钻进用水应采用饮用水，不得使用污染水及劣质水。

C.3 成井

C.3.1 监测井成井一般要求

过滤器选择要求。过滤器类型应根据所监测的含水层性质按表 C.1 选用。

表C.1 监测井过滤器选择

含水层性质		过滤器类型
碎石土类	$D_{20} < 2\text{mm}$	缠丝或包网过滤器
	$D_{20} \geq 2\text{mm}$	条缝过滤器
砂土类	粗砂、中砂	包网过滤器填砾
	细砂、粉砂	贴砾或携砾过滤器或包网过滤器填砾

井管联接要求。井管之间宜采用螺纹联接，并在螺纹处加密封圈或缠绕聚四氟乙烯带密封。禁止使用有机粘合剂粘接。

找中器安装要求。为使井管处于钻孔中心，井管上应设置找中器。找中器设置间隔为10m左右，设置的找中器不得阻碍围填滤料和封隔材料。

井孔冲洗要求。监测井管安装前，应对钻孔进行冲孔、换浆。冲孔时应将冲孔钻杆下放到孔底，大泵量冲孔排渣，待孔内岩渣排净后，将孔内冲洗液粘度降低至18~20s，密度降低至1.1~1.15g/cm³。

滤层围填要求。回填滤料的高度应超过监测含水层的顶板和底板，一般比过滤管长出1~2m。过滤层材料宜由导管下入钻孔与监测管的环状间隙，也可用人工从监测井管四周缓慢填入。围填滤料时，应仔细检查过滤层的顶部深度和核实过滤层材料用量，避免过滤层出现架桥和失稳的空穴。

封隔层密封要求。封隔层厚度一般应大于4m。采用水泥浆封隔时，过滤层上方应填入细砂作为缓冲层，防止水泥浆通过砾石进入到过滤器和井中。采用膨润土封隔时，将膨润土制成20mm左右的圆球，在半干状态下从监测井管周围缓缓填入。

严禁使用岩屑和监测井周围的材料作为监测井回填材料。

井口保护结构要求。为防止监测井被破坏和防止地表水、污染物质进入井内，监测井应建立平台、井口保护管、锁盖等。保护管与水泥平台同时安装，保护管高出平台0.5m。井口平台应为正方形（1m×1m），地表下埋深0.3m，高出地表0.2m。井口保护管由钢管制作，管长1m，直径比监测井管直径大100mm。保护管顶端安装可开合的盖子，并留上锁位置。监测井管位于保护管中央。

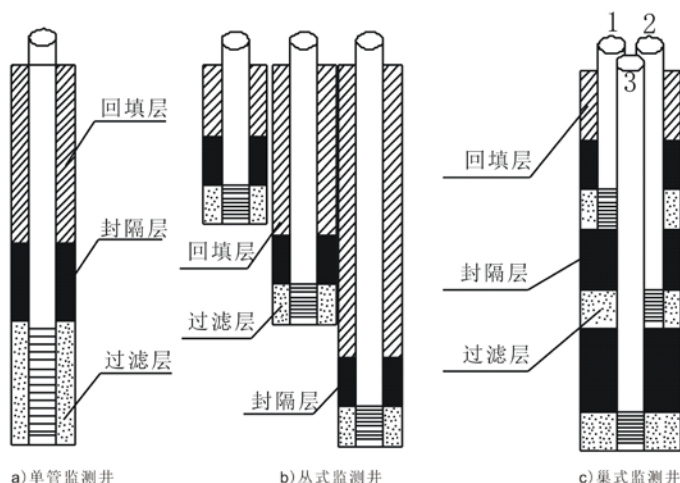
C.3.2 不同类型监测井成井要求

单管监测井。单管监测井内只有一根监测井管。按监测井成井一般要求成井。

丛式监测井。丛式监测井由多个相互分离、不同深度单管监测井组成。丛式监测井按照不同监测层位和监测要求钻进成井。每个单管监测井按监测井成井一般要求成井。

巢式监测井。巢式监测井是在一个钻孔内安装多个完整的单管井，每一单管井监测一个指定的含水层（段），用密封层隔离各个非监测层（段）。成井时除应符合监测井一般要求外，还应按下列要求进行：1）巢式井管应按最深单管井至最浅单管井的顺序逐步安装，每安装完一个单管井后，应按照监测井成井一般要求围填滤料，并进行环状密封，然后再进行下一单管井井管安装与成井作业；2）二级巢式监测井可选用粘土（膨润土）球进行环状密封，三级及以上巢式监测井环状密封须灌注水泥浆进行环状密封。

上述3种监测井成井示意图见图C.1。



图C.1 监测井成井示意图

C.4 洗井

监测井完井后应及时进行洗井。洗井方法可选用气举法或抽水法，不得采用化学洗井法。监测井抽出水清澈透明且浊度在5NTU以下时，方可停止洗井工作。

附 录 D
(资料性附录)
检测指标、目标检出限及检测方法

附录D推荐了水土样品中污染物的检测指标、目标检出限及检测方法。

表D.1 检测指标、目标检出限及检测方法

序号	检测指标	目标检出限		检测方法	
		水样 ($\mu\text{g/L}$)	土壤 (mg/kg)	水样	土样
一、金属和无机化合物					
1	锑(Sb)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, AFS	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
2	砷(As)	5	0.5	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, AFS	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
3	铍(Be)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, ICP-AES	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
4	镉(Cd)	0.1	0.01	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, GFAA	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
5	铬(Cr)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, ICP-AES	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
6	铜(Cu)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, AA	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
7	铅(Pb)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, GFAA	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
8	镍(Ni)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, ICP-AES	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
9	硒(Se)	5	0.5	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, ICP-AES, AFS	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
10	银(Ag)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, GFAA	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
11	铊(Tl)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
12	锌(Zn)	5	0.5	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, AA	HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
13	钡(Ba)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, ICP-AES	参考 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
14	锰(Mn)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, ICP-AES, AA	参考 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
15	钴(Co)	1	0.5	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, ICP-AES	参考 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
16	汞(Hg)	0.1	0.01	GB/T 5750.6-2006 AFS, CVAA	GB/T 17136-1997, CVAA
17	钼(Mo)	1	0.1	GB/T 5750.6-2006 ICP-MS, GFAA, ICP-AES	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
18	硼(B)			GB/T 5750.5.8.1-2006 甲亚胺分光光度法 参照 GB/T 5750.6-2006 ICP-MS	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
19	碲(Te)	1	0.1	参照 GB/T 5750.6-2006 ICP-MS	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
20	铝(Al)	5	0.5	ICP-AES GB/T 5750.6.1.4-2006 电感耦合等离子体发射光谱法 GB/T 5750.6.1.5-2006 电感耦合等离子体质谱法	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES

表 D.1 (续 1)

序号	检测指标	目标检出限		检测方法	
		水样 ($\mu\text{g/L}$)	土壤 (mg/kg)	水样	土样
21	钾(K)	100	10	ICP-AES 参照 GB/T 5750.6-2006 电感耦合等离子体发射光谱法 GB/T 5750.6.22.2-2006 离子色谱法 火焰发射法	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
22	钠(Na)	100	10	ICP-AES GB/T 5750.6.22.3-2006 电感耦合等离子体发射光谱法 GB/T 5750.6.22.1-2006 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 5750.6.22.2-2006 离子色谱法 火焰发射法	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
23	钙(Ca)	10	1	ICP-AES GB/T 8538.4.13.2 原子吸收分光光度法 GB/T 8538.4.13.1 EDTA 滴定法	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
24	镁(Mg)	20	2	ICP-AES 参照 GB/T 5750.6-2006 电感耦合等离子体发射光谱法 参照 GB/T 5750.6-2006 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 5750.6.22.2-2006 离子色谱法 火焰发射法	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
25	铁(Fe)	10	5	ICP-AES GB/T 5750.6.2.3-2006 电感耦合等离子体发射光谱法 GB/T 5750.6.2.1-2006 原子吸收分光光度法 GB/T 5750.6.2.2-2006 二氮杂菲分光光度法 磺基水杨酸分光光度法	参照 HJ 350-2007 附录 A ICP/AES
26	六价铬	4	0.5	GB/T 5750.6.10.1-2006 二苯碳酰二肼分光光度法	US EPA3060A-1996 (前处理方法) US EPA 7196-1996 (分析方法)
27	氰化物	2	0.02	GB/T 5750.5-2006 吡啶-吡啶啉酮比色法 GB/T 5750.6-2006 二氮杂菲分光光度法	HJ 350-2007 附录 B
28	氟离子	20	0.1	GB/T 5750.5.3.1-2006 离子选择性电极法 GB/T 5750.5.3.2-2006 离子色谱法	水土比 5:1 提取, 按水样分析
29	氯离子	20	0.1	GB/T 5750.5.2.2-2006 离子色谱法 GB/T 5750.5.2.1-2006 硝酸银滴定法	水土比 5:1 提取, 按水样分析
30	溴离子	50	0.25	GB/T 5750.5.3.1-2006 离子选择性电极法 GB/T 5750.5.3.2-2006 离子色谱法	水土比 5:1 提取, 按水样分析
31	碘离子	250	1.25	GB/T 5750.5.11.2-2006 高浓度碘化物比色法 GB/T 5750.5.11.1-2006 硫酸铈催化分光光度法 GB/T 8538.4.38.3-2008 离子色谱法	水土比 5:1 提取, 按水样分析
32	硝酸根	50	0.25	GB/T 5750.5.5.3-2006 离子色谱法 GB/T 5750.5.5.2-2006 紫外分光光度法	水土比 5:1 提取, 按水样分析
33	亚硝酸根	50	0.25	GB/T 14642-2006 离子色谱法 GB/T 5750.5.10-2006 盐酸 N-(1-萘)-乙二胺分光光度法	水土比 5:1 提取, 按水样分析

表 D.1 (续 2)

序号	检测指标	目标检出限		检测方法	
		水样 ($\mu\text{g/L}$)	土壤 (mg/kg)	水样	土样
一、金属和无机化合物					
34	硫酸根	100	0.5	GB/T 5750.5.1-2006 离子色谱法, 硫酸钡比浊法	水土比 5: 1 提取, 按水样分析
35	总溶解性固体	5000	50	GB/T 5750.4-2006 105 度称量法	NY/T1121.16-2006 土壤水溶性盐总量的测定 称量法
36	总硬度	1000	-	GB/T 5750.4-2006 乙二胺四乙酸滴定法	-
37	碳酸根	750	3.75	GB/T 8538.4.42 酸碱滴定法	水土比 5: 1 提取, 按水样分析
38	重碳酸根	750	3.75	GB/T 8538.4.42 酸碱滴定法	水土比 5: 1 提取, 按水样分析
39	高锰酸盐指数	50	-	GB/T 5750.7.1-2006 酸性高锰酸钾法 GB/T 5750.7.1-2006 碱性高锰酸钾法	-
40	甲醛	50	0.25	GB/T 5750.10-2006 分光光度法	水土比 5: 1 提取, 按水样分析
41	铵离子	50	0.25	GB/T 5750.5.9.1-2006 纳氏试剂比色法	水土比 5: 1 提取, 按水样分析
42	挥发酚	2	0.01	GB/T 5750.4.9-2006 4-氨基安替吡啉直接分光光度法 GB/T 5750.4.9-2006 4-氨基安替吡啉三氯甲烷萃取分光光度法	水土比 5: 1 提取, 按水样分析
43	阴离子表面活性剂	50	-	GB/T 5750.4.10.1-2006 亚甲基蓝分光光度法	-
44	硫化物	5	0.025	GB 16489-1996 亚甲基蓝分光光度法	CJ/T 51-2004 (前处理方法 + GB 16489-1996 亚甲基蓝分光光度法)
45	总磷	20	25	GB 11893-89 钼锑抗比色法	LY1232-1999 森林土壤全磷的测定
46	偏硅酸	100	-	GB/T 8538.4.35.1 硅钼黄分光光度法 GB/T 8538.4.35.2 硅钼蓝分光光度法	
二、有机化合物					
(一) 总有机化合物					
47	总有机碳 (TOC)	50	1000	GB/T 5750.7.4.1-2006 总有机碳 湿法氧化法 HJ 501-2006 总有机碳测定 燃烧氧化-非分散红外吸收法	GB/T 19145-2003 燃烧氧化-非分散红外吸收法; NY/T1121.6-2006 土壤有机质的测定
48	总石油烃 (TPH, C_{6-36} , 脂肪族和芳香族)	200	50	TPHCWG-1999 GC-FID	参考 HJ 350-2007 附录 E, GC-FID

表 D.1 (续 3)

序号	检测指标	目标检出限		检测方法	
		水样 ($\mu\text{g/L}$)	土壤 (mg/kg)	水样	土样
(二) 挥发性有机化合物					
49 ~88	40 个挥发性有机化合物	0.5	0.05	GB/T 5750.8-2006 P&T GC-MS	HJ 350-2007 附录 C P&T GC-MS
(三) 半挥发性有机化合物					
89 ~126	38 个半挥发性有机物 (含 16 个多环芳烃)	0.5	0.1	参考 GB/T 5750.8-2006 LLE GC-MS; SPE GC-MS	参考 HJ 350-2007 附录 D, GC-MS
127	二氯乙酸	0.01	-	GB/T 5750.10-2006 GC-ECD	-
128	三氯乙酸	0.01	-	GB/T 5750.10-2006 GC-ECD	-
129	三氯乙醛	0.6	-	GB/T 5750.10-2006 GC-ECD	-
(四) 有机氯农药和多氯联苯					
130 ~145	16 个有机氯农药类化合物	0.1	0.01	GB/T 5750.9-2006 GC-ECD	参考 HJ 350-2007 附录 G GC-ECD
146	多氯联苯	0.5	0.1	参考 GB/T 5750.8-2006 LLE GC-MS; SPE GC-MS	HJ 350-2007 附录 F GC-MS
(五) 有机磷农药和除草剂					
147	敌敌畏	0.2	0.01	GB/T 5750.9-2006 GC-FPD	参考 HJ 350-2007 附录 D, GC-FPD
148	乐果	0.2	0.01	GB/T 5750.9-2006 GC-FPD	参考 HJ 350-2007 附录 D, GC-FPD
149	甲基对硫磷	0.2	0.01	GB/T 5750.9-2006 GC-FPD	参考 HJ 350-2007 附录 D, GC-FPD
150	马拉硫磷	0.2	0.01	GB/T 5750.9-2006 GC-FPD	参考 HJ 350-2007 附录 D, GC-FPD
151	甲拌磷	0.2	0.01	GB/T 5750.9-2006 GC-FPD	参考 HJ 350-2007 附录 D, GC-FPD
152	阿特拉津	2	0.5	GB/T 5750.9-2006 HPLC; GC-MS	参考 HJ 350-2007 附录 D, GC-MS
153	克百威	0.1	0.01	参考 GB/T 23206-2008 LC-MS-MS	参考 GB/T 23206-2008 LC-MS-MS
154	涕灭威	0.1	0.01	参考 GB/T 23206-2006 LC-MS-MS	参考 GB/T 23206-2006 LC-MS-MS

表 D.1 (续 4)

序号	检测指标	目标检出限		检测方法	
		水样 ($\mu\text{g/L}$)	土壤 (mg/kg)	水样	土样
三、溶解性气体					
155	甲烷	5	-	参考 US EPA RSK 175	-
156	乙烷	5	-	参考 US EPA RSK 175	-
157	乙烯	5	-	参考 US EPA RSK 175	-
四、其它					
158	二噁英和呋喃类	0.0022 ng(I-T EQ)/kg	2.3 ng(I-TE Q)/kg	HJ 77.1-2008 HRGC-HRMS	HJ 77.4-2008 HRGC-HRMS
159	石棉	1%/L	1%	参考 NIOSH 9002 PLM	NIOSH 9002 PLM
160	总 α 放射性	0.01 Bq/L	Bq/kg	GBT 5750.13-2006 放射性指标	GB/T 18871-2002
161	总 β 放射性	0.01 Bq/L	Bq/kg	GBT 5750.13-2006 放射性指标	GB/T 18871-2002
162	总大肠菌群	2 MPN/10 mL	0.05 MPN/g	GB/T 5750.12-2006 多管发酵法	参考 GB 4789.3-2010 大肠菌群计数
163	细菌总数	1 CFU/ml	0.05 CFU/g	GB/T 5750.12-2006 滤膜法	参考 GB 4789.2-2010 菌落总数定
<p>注1: 40种挥发性有机化合物包括: 苯, 甲苯, 乙苯, 二甲苯, 苯乙烯, 甲乙酮, 甲基叔丁基醚, 1,3,5-三甲基苯, 1,2,4-三甲基苯, 氯甲烷, 氯乙烯, 溴甲烷, 1,1-二氯乙烯, 顺-1,2-二氯乙烯, 反-1,2-二氯乙烯, 1,1-二氯乙烷, 四氯化碳, 1,2-二氯乙烷, 三氯乙烯, 1,1,2-三氯乙烷, 四氯乙烯, 1,1,2,2-四氯乙烷, 氯苯, 氯仿, 溴二氯甲烷, 二溴氯甲烷, 三溴甲烷, 1,1,1-三氯乙烷, 1,1,2-三氯乙烷, 二溴乙烯, 1,2-二氯丙烷, 1,2,3-三氯丙烷, 二氯甲烷, 1,1,1,2-四氯乙烷, 1,3-二氯苯, 1,4-二氯苯, 1,2-二氯苯, 1,2,4-三氯苯, 1,2,3-三氯苯, 1,3,5-三氯苯</p> <p>注2: 38个半挥发性有机化合物包括: 苯酚, 甲基苯酚, 2-硝基苯酚, 2,4,6-三氯苯酚, 2,4,5-三氯苯酚, 4-硝基苯酚, 2,4-二氯苯酚, 间甲基苯酚, 五氯苯酚, 萘, 蒽, 芘, 菲, 蒽, 荧蒽, 芘, 苯并(a)蒽, 屈, 苯并(b)蒽, 苯并(a)芘, 苯并(k)荧蒽, 茚并(1,2,3-cd)芘, 二苯并(a,h)蒽, 苯并(g,h,i)芘, 硝基苯, 异佛乐酮, 六氯乙烷, 六氯环戊二烯, 六氯丁二烯, 六氯苯, 苯胺, 邻苯二甲酸二甲酯, 邻苯二甲酸二乙酯, 邻苯二甲酸二异丁酯, 邻苯二甲酸二辛酯, 邻苯二甲酸丁苄酯, 邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯</p> <p>注3: 16个有机氯农药化合物包括: α-六六六, β-六六六, δ-六六六, γ-六六六, o,p-DDE, o,p-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDD, o,p-DDT, p,p'-DDT, 艾氏剂, 狄氏剂, 异狄氏剂, 七氯, 七氯环氧, 氯丹</p> <p>注4: GB/T 5750.6-2006是专门针对饮用水的分析方法, 对污染浓度高、基质复杂的样品可参照美国EPA 8000系列方法进行。</p> <p>注5: 表中所列土样金属测试方法为全量测试方法, 土样中金属可溶盐可参照水样检测方法执行。</p> <p>注6: 如使用不同的检测技术, 应验证其准确度, 精密度和检出限, 并确认同参考检测方法结果的可比性。</p>					

附 录 E
(资料性附录)

场地地下水污染风险评价推荐方法-目标浓度反演法简介

E.1 方法来源

目标浓度反演法的技术思路是基于英国环境保护署2006年发布的污染土地水文地质风险评价方法-修复目标方法 (Remedial Targets Methodology, 简称为RTM) 提出的。

E.2 评价步骤

E.2.1 基本要求

应按照准备资料、建立地下水污染风险概念模型、确定评价点的位置、确定评价点的目标浓度、反演污染物浓度、地下水污染风险表征与判断、风险不确定性分析的步骤进行。

E.2.2 准备资料

随着评价层次从情形1到情形2的深入, 应获取更多的数据和信息, 以建立更加完善的地下水污染风险概念模型。所需资料列于表E.1和表E.2。

表E.1 情形1 反演计算所需资料

资料	应由场地调查获得	优先由场地调查获得	文献资料获得
非饱和带土壤中污染物浓度	Y		
非饱和带含水孔隙度		Y	
非饱和带充气孔隙度		Y	
非饱和带土壤容重		Y	
非饱和带污染物土-水分配系数 (K_d)			Y
非饱和带土壤有机碳百分含量	Y		
非饱和带土壤 pH 值	Y		
非饱和带厚度	Y		
非饱和带污染物降解特征	Y		
非饱和带渗透系数		Y	
非饱和带岩土类型	Y		
污染物有机碳-水分配系数 (K_{oc})			Y
污染物的亨利常数			Y
污染物性质 (溶解度、密度等)			Y
污染源区土壤的面积	Y		
污染源区有效降水量	Y		

表E.1 (续)

资料	应由场地调查获	优先由场地调查获	文献资料获得
地面径流百分比	Y		
含水层渗透系数	Y		
地下水水力坡度	Y		
饱和带/混合带厚度	Y		
污染源区沿地下水流方向的长度	Y		
地下水背景浓度	Y		

表E.2 表情形2 反演计算所需资料

资料	应由场地调查获得	优先由场地调查获得	文献资料获得
污染源区宽度和深度	Y		
目标位置的距离	Y		
饱和带污染物降解特征	Y		
含水层有效孔隙度		Y	
弥散系数		Y	
含水层有机碳含量	Y		
饱和带污染物土-水分配系数 (K_d)			Y
污染物有机碳-水分配系数 (K_{OC})			Y
含水层渗透系数	Y		
地下水水力坡度	Y		
土壤容重		Y	

E.2.3 建立地下水污染风险概念模型

地下水污染风险概念模型应在一般水文地质概念模型基础上,加强对场地污染物-迁移途径-目标受体特征鉴别及相互关系的认识。评价人员应依据概念模型识别数据的不确定性、理解评价过程对场地条件所作的假设或简化。

E.2.4 确定评价点的位置

情形1评价点应选在场地非饱和带污染源区地下水的位置;情形2评价点应选在场地地下水下游现有或计划开采地下水的位置。

E.2.5 确定评价点的目标浓度

目标浓度应以评价点地下水的用途为依据。

E. 2. 6 污染物浓度反演

E. 2. 6. 1 基本要求

分析污染物从场地污染源区迁移至目标位置处可能发生的自然净化过程（如稀释作用、生物降解作用、吸附作用、水动力弥散作用），并用稀释因数和净化因数予以量化。

反演的方法是，用评价点地下水目标浓度乘以迁移途径上稀释因数和净化因数，得到污染源区土壤或地下水污染物的浓度。

E. 2. 6. 2 情形1污染物浓度反演

E. 2. 6. 2. 1 自然净化过程

情形1包括两个自然净化过程：一是污染源区地下水对非饱和带淋滤液的稀释作用；二是污染物在非饱和带的净化作用（如降解作用、挥发作用）。上述两个自然净化过程可用稀释因数和净化因数表达。

稀释因数：非饱和带淋滤液中污染物的浓度与污染源区地下水中污染物的浓度之比，简记为 DF 。关于计算稀释因数的公式见表E. 3。

净化因数：污染源区土壤孔隙水中污染物的浓度与预测的非饱和带底部土壤孔隙水中污染物的浓度之比，简记为 AF_U 。非饱和带净化因数可通过解析模型或数值模型计算得到。

如保守评价，可只考虑污染源区地下水径流对其上方污染物淋滤液的稀释作用，而不考虑非饱和带土壤的净化作用。

E. 2. 6. 2. 2 污染源区土壤污染物的浓度反演计算

将非饱和带污染源区地下水目标浓度 (C_T) 乘以稀释因数 (DF) 和 (或) 非饱和带净化因数 (AF_U) 得到非饱和带污染源区土壤孔隙水污染物浓度 (C_p)，再利用污染物土-水分配公式，计算出污染源区土壤污染物的浓度 (C_s)。计算公式列于表E. 4中。

表E. 3 稀释因数计算公式及示意图

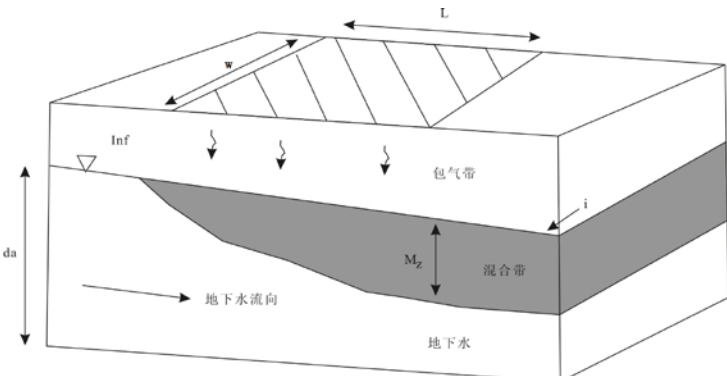
采用地下水目标浓度计算 DF	采用淋滤液浓度计算 DF
考虑背景浓度： $DF = \frac{(K \cdot i \cdot M_z + L \cdot Inf) C_T - (K \cdot i \cdot M_z \cdot C_U)}{L \cdot Inf \cdot C_T}$	考虑背景浓度： $DF = \frac{(K \cdot i \cdot M_z + L \cdot Inf) C_C}{K \cdot i \cdot M_z \cdot C_U + L \cdot Inf \cdot C_C}$
不考虑背景浓度： $DF = 1 + \left(\frac{K \cdot i \cdot M_z}{L \cdot Inf} \right)$	不考虑背景浓度： $DF = 1 + \left(\frac{K \cdot i \cdot M_z}{L \cdot Inf} \right)$
稀释因数计算示意图： 	

表 E. 3 (续)

<p>混合带厚度计算:</p> <p>对于比较薄的含水层 (通常小于 10m), 混合带厚度 M_z 可以认为是含水层的实际厚度。</p> <p>对于厚层含水层, 混合带深度可能需要通过场地调查或相似场地的试验给定, 或者通过以下公式估算:</p> $M_z = \sqrt{0.0112 \cdot L^2 + da} \left[1 - \exp\left(\frac{-L \cdot Inf}{K \cdot i \cdot da}\right) \right]$ <p>注: 如果 $M_z > da$, 则 $M_z = da$</p>
<p>式中:</p> <p>M_z ——混合带厚度 (m);</p> <p>da ——含水层厚度;</p> <p>L ——污染源区沿地下水流向的长度 (m);</p> <p>Inf ——入渗补给率 (m/d);</p> <p>i ——水力坡度 (无量纲);</p> <p>K ——渗透系数 (m/d);</p> <p>A ——污染源区面积 (m^2), $A = L \cdot w$;</p> <p>w ——污染源区宽度 (m);</p> <p>C_c ——淋滤液浓度 (如渗滤试验浓度);</p> <p>C_T ——目标浓度;</p> <p>C_U ——地下水污染物的背景浓度 (mg/L)。</p> <p>注: 表中的公式并不适合所有污染场地, 可选择适合场地条件的其它公式。</p>

表E. 4 情形 1 反演污染源区土壤中污染物浓度计算公式

<p>$C_p = AF_U \times DF \times C_T$ (考虑净化作用和稀释作用)</p> <p>$C_p = AF_U \times C_T$ (仅考虑净化作用)</p> <p>$C_p = DF \times C_T$ (仅考虑稀释作用)</p> <p>$C_s = C_p \cdot \left(K_d + \frac{\theta_w + \theta_a H}{\rho} \right)$ (污染物土-水分配公式)</p> <p>式中:</p> <p>DF ——稀释因数;</p> <p>AF_U ——非饱和带净化因数;</p> <p>C_p ——非饱和带污染源区土壤孔隙水污染物浓度 (mg/l);</p> <p>C_T ——场地污染源区地下水目标浓度 (mg/l);</p> <p>C_s ——污染源区土壤污染物的浓度 (mg/kg);</p> <p>K_d ——污染物土-水分配系数 (l/kg);</p>

表 E. 4 (续)

<p>θ_w ——土壤含水孔隙度 (分数);</p> <p>θ_a ——土壤充气孔隙度 (分数);</p> <p>$\theta_w + \theta_a$ ——土壤总孔隙度 (分数);</p> <p>H ——亨利定律常量 (无量纲);</p> <p>ρ ——土壤容重 (g/cm^3).</p>
<p>污染物土-水分配系数 K_d 的计算公式:</p> <p>a) 非极性有机物的分配系数 (如芳香族的碳水化合物: 苯和甲苯)</p> $K_d = K_{OC} \cdot f_{OC}$ <p>b) 极性 (离子) 有机物的分配系数 (如苯酚)</p> $K_d = f_{oc} \cdot \left[K_{oc,n} \left(1 + 10^{pH-pka} \right)^{-1} + K_{oc,i} \left(1 - \left(1 + 10^{pH-pKa} \right)^{-1} \right) \right]$ <p>式中:</p> <p>K_{OC} ——污染物有机碳-水分配系数 (l/kg);</p> <p>f_{OC} ——土壤有机碳含量 (分数);</p> <p>$K_{OC,n}$ ——电中性物质吸附系数 (l/kg);</p> <p>$K_{OC,i}$ ——离子化物质吸附系数 (l/kg);</p> <p>pKa ——酸离解常数。</p> <p>注: 该公式假设土壤和污染物呈线性吸附。</p>
<p>孔隙度计算公式:</p> <p>土壤总孔隙度: $\theta_T = 1 - \frac{\rho_{dry}}{\rho_{part}}$</p> <p>土壤充气孔隙度: $\theta_a = \theta_T \cdot \frac{100 \cdot MC \cdot \rho_{part}}{\rho_{part} / \rho_{dry} - 1}$</p> <p>土壤含水孔隙度: $\theta_w = \theta_T - \theta_a$</p> <p>式中:</p> <p>$MC$ ——土壤含水量 (wt/wt);</p> <p>ρ_{dry} ——土壤干容重 (g/cm^3);</p> <p>ρ_{part} ——土壤颗粒密度 (g/cm^3).</p>

E. 2. 6. 3 情形2污染物浓度反演

E. 2. 6. 3. 1 自然净化过程

情形2的自然净化过程是污染物从场地污染源区地下水至评价点发生在饱水带内的自然净化作用 (如降解作用、吸附作用、水动力弥散作用)。

饱水带的净化因数定义为：场地污染源区地下水中污染物浓度（ C_0 ）与预测的评价点污染物浓度（ C_{ED} ）之比，简记为 AF 。可以用解析法或数值模拟法确定 AF 。表E.5列出了一般净化作用条件下计算 AF 的一些常用解析公式。表E.6列出了地下水污染羽内存在电子供受体作用下计算 AF 的一些常用解析公式。

表E.5 一般净化作用条件下计算净化因数的解析公式

<p>Domenico 溶质迁移模型主要是用以模拟地下水中溶解性污染物自然衰减与净化过程。模型的基本假设条件是一维稳定流与三维弥散过程，含水层半无限分布。</p>	
<p>概念模型：</p>	
<p>解析解：</p>	<p>a) 不随时间变化（稳定状态）计算公式（Domenico）：</p> $C_{ED} = C_0 \exp\left\{\frac{x}{2a_x} \left[1 - \sqrt{\left(1 + \frac{4\lambda a_x}{u}\right)}\right]\right\} \cdot \operatorname{erf}\left\{\frac{S_y}{2\sqrt{a_y x}}\right\} \cdot \operatorname{erf}\left\{\frac{S_z}{4\sqrt{a_z x}}\right\}$ <p>b) 随时间变化（非稳定状态）计算公式（Domenico）：</p> $C_{ED} = \frac{C_0}{2} \exp\left\{\frac{x}{2a_x} \left[1 - \sqrt{\left(1 + \frac{4\lambda a_x}{u}\right)}\right]\right\} \cdot \operatorname{erfc}\left\{\frac{1}{2\sqrt{a_x u t}} \left[x - ut \sqrt{\left(1 + \frac{4\lambda a_x}{u}\right)}\right]\right\} \cdot \operatorname{erf}\left\{\frac{S_y}{2\sqrt{a_y x}}\right\} \cdot \operatorname{erf}\left\{\frac{S_z}{4\sqrt{a_z x}}\right\}$ <p>净化因数： $AF = \frac{C_0}{C_{ED}}$</p> <p>式中：</p> <p>C_0——污染源处地下水中污染物的初始浓度（mg/L）；</p> <p>C_{ED}——污染物在地下水下游某距离处的浓度（mg/L）；</p> <p>λ——污染物衰减常数：0.693/污染物降解的半衰期（半衰期以天为单位）；</p> <p>a_x, a_y, a_z——纵向、垂向和横向弥散度（m）；</p> <p>S_y, S_z——污染源区地下水污染羽的厚度与宽度（m），S_y 与计算稀释系数中混合层厚度 M_z 等价；</p> <p>u——考虑阻滞作用影响下污染物在地下水中的运移速率（m/d）；</p>

表 E.5 (续)

<p>x——沿地下水流向评价点距污染羽中心的纵向距离 (m);</p> <p>erf——误差函数;</p> <p>$erfc$——功误差函数;</p> <p>t——污染物进入地下水的的时间 (d)。</p>
<p>污染物在地下水中运移速率计算公式:</p> <p>a) 不考虑吸附作用污染物在地下水中运移速率: $v = \frac{K \cdot i}{n_e}$;</p> <p>b) 考虑吸附作用污染物在地下水中运移速率: $u = \frac{K \cdot i}{n_e \cdot R_f}$;</p> <p style="text-align: center;">阻滞系数: $R_f = 1 + \frac{K_d \cdot \rho}{n_e}$;</p> <p>式中:</p> <p>$R_f$——阻滞系数 (无量纲);</p> <p>$K_d$——污染物在土-水间的分配系数 ($l/kg$);</p> <p>$n_e$——含水层介质的有效孔隙度 (分数);</p> <p>v——不考虑阻滞作用影响污染物在地下水运移速率 (m/d);</p> <p>u——考虑阻滞作用影响污染物在地下水中运移速率 (m/d);</p> <p>ρ——土壤容重 (g/cm^3)。</p>

E.2.6.3.2 反演计算

对于情形2, 需反演出两个位置处的浓度。一是污染源区地下水中污染物浓度; 二是污染源区土壤中污染物浓度。

- c) 污染源区地下水中污染物浓度。计算方法是, 将场地下游目标位置处地下水目标浓度 (C_T) 乘以饱水带的净化因数 (AF) 得到污染源区地下水中污染物浓度 (C_w)。
- d) 污染源区土壤中污染物浓度。计算方法是, 将场地下游目标位置处地下水目标浓度 (C_T) 连乘饱水带的净化因数 (AF)、稀释因数 (DF)、非饱和带净化因数 (AF_U), 得到非饱和带污染源区土壤孔隙水污染物浓度 (C_p), 利用土-水分配公式, 计算出污染源区土壤污染物的浓度 (C_s)。

E.2.7 地下水污染风险表征与判断

E.2.7.1 情形1地下水污染风险表征与判断

采用实测浓度与反演浓度对比的方法表征地下水污染风险。

应比较污染源区土壤中某个污染物实测浓度与反演计算的该污染物在污染源区土壤中浓度。污染源区土壤中某个污染物实测浓度宜采用最大浓度值。

表E.6 表存在电子供受体作用条件下计算净化因数的解析公式

<p>a) 随时间变化的计算公式:</p> $C_{ED} = \frac{C_{ED_{max}}}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x-vt}{2\sqrt{a_x vt}}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{S_y}{4\sqrt{a_y x}}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{S_z}{4\sqrt{a_z x}}\right) \left(1 + \frac{C_{EA_{max}}}{C_{ED_{max}}}\right) - C_{EA_{max}}$ <p>b) 不随时间变化稳定态的计算公式:</p> $C_{ED} = C_{ED_{max}} \operatorname{erf}\left(\frac{S_y}{4\sqrt{a_y x}}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{S_z}{4\sqrt{a_z x}}\right) \left(1 + \frac{C_{EA_{max}}}{C_{ED_{max}}}\right) - C_{EA_{max}}$ <p>净化因数: $AF = \frac{C_{ED_{max}}}{C_{ED}}$</p> <p>式中:</p> <p>$C_{ED_{max}}$ ——地下水中电子供体的最大浓度 (meq/l);</p> <p>C_{ED} ——污染物在距离 x 和时间 t 的浓度 (meq/l);</p> <p>$C_{EA_{max}}$ ——地下水中电子受体的最大浓度 (meq/l);</p> <p>a_x, a_y, a_z ——纵向、垂向和横向弥散度 (m);</p> <p>S_y, S_z ——污染源区地下水污染羽的厚度与宽度 (m);</p> <p>v ——地下水运移速率 (m/d);</p> <p>x ——沿地下水流向评价点距污染羽中心的纵向距离 (m);</p> <p>erf ——误差函数;</p> <p>erfc ——功误差函数;</p> <p>t ——污染物进入地下水的的时间 (d)。</p> <p>注1: 解析公式计算的浓度以 meq/l 为单位。换算为 mg/L 的方法是: meq/l 乘以污染物的摩尔重量 (g/mol), 除以电子供体半反应的电子数。</p> <p>注2: 公式中 $C_{ED_{max}}$ 指的是单一污染物 (电子供体)。也可以设置为降解速度相等的所有可氧化有机物的总量。 $C_{EA_{max}}$ 可以设置为溶解氧、硝酸根、硫酸根的总和。</p>

依据下面原则判断情形1地下水污染风险:

- e) 若实测浓度大于反演浓度, 场地污染源区地下水被污染的风险大;
- f) 若实测浓度小于或等于反演浓度, 场地污染源区地下水被污染的风险小。

E. 2. 7. 2 情形2地下水污染风险表征与判断

应作两种情况的比较, 一是比较污染源区地下水污染羽中某个污染物实测最大浓度与反演计算的污染源区地下水中该污染物浓度; 二是比较污染源区土壤中某个污染物实测浓度与反演计算的该污染物在污染源区土壤的浓度。

依据下面原则判断情形2地下水污染风险:

- g) 若两种情况污染物实测浓度均大于反演浓度, 场地评价点地下水被污染的风险大;

- h) 若两种情况污染物实测浓度均小于反演浓度，场地评价点地下水被污染的风险小；
- i) 若两种情况污染物实测浓度与反演浓度出现相反的对比结果，应以最保守的方式判断场地评价点地下水的污染风险。

对于情形2，还可以采用监测污染源区地下水污染羽随时间的变化，判断评价点地下水的污染风险。判断原则是：

- j) 若监测证明污染羽为一个缩小的污染羽，即监测井中污染物的浓度随时间降低，表明污染物降解速度大于污染物的移动速度，下游地下水被污染的风险较小；
- k) 若监测证明污染羽为一个稳定的污染羽，即监测井中污染物的浓度随时间基本保持稳定，表明污染物降解速度与污染物的移动速度相当，下游地下水被污染的风险也较小；
- l) 若监测证明污染羽为一个扩大的污染羽，即监测井中污染物的浓度随时间升高，表明污染物降解速度小于污染物的移动速度，下游地下水被污染的风险较大。

E. 2. 8 风险的不确定性分析

应对场地地下水污染风险评价结果的不确定性进行分析。主要分析调查取样过程及污染物分析结果的不确定性，模型概化、数学模型、输入参数等存在的不确定性。

除此之外，应特别注意分析污染物从场地污染源区迁移至评价点可能发生的自然净化过程的不确定性以及对污染源特征假设的不确定性。

附 录 F
(资料性附录)

污染场地地下水污染风险评价推荐方法-过程模拟法简介

应按照准备资料、建立地下水污染风险概念模型、选取水流与溶质运移数学模型、模型参数敏感性分析、模型验证、预测污染物到达地下水目标位置时间及浓度的变化、地下水污染风险表征与判定、风险的不确定分析步骤进行。对一些步骤要求如下：

F.1 准备资料

过程模拟法一般所需的资料列于表F.1 中。对于某些场地的特征参数，必须开展专门的场地调查和试验。

表F.1 过程模拟法所需的资料

资料类别	内 容
场地自然地理及开发利用历史	场地地理位置、形状、边界、面积；与场地污染有关的活动记录；场地当前利用状况；场地将来的用途。
场地地质特征	区域地质状况；沉积物及土壤颗粒属性特征；岩性描述；钻孔的地层记录。
水文和气候特征	地表水流系统；地下水和地表水关系；地表水水质；地表水开发利用情况；降水季节性变化；土壤入渗和地表径流；其他补给源，如污水渗透坑。
地下水系统特征	地下水水质数据（背景区和场地）；距离水源地保护区的位置；地下水流向；水力梯度；地下水位动态变化；地下水流动机制（裂隙或孔隙流）；地质结构对水流的影响；含水层介质属性：渗透性、给水度、孔隙度、孔隙大小；含水层属性在纵向和垂向的变化；人类活动对地下水流动的影响；直接或者间接补给情况；地下水开发利用情况；弱透水层的影响；含水层厚度；包气带厚度及水流特征。
污染源特征	污染历史；污染物毒性；污染物相态；污染物分布特征；污染物浓度；污染源类型（持续源、脉冲源或衰减源）；污染物属性（溶解性、分配系数、密度、稳定性）。
可能的途径	非饱和带途径；饱和带途径；地质、结构和地形控制；优先流的影响。
污染物迁移特征	单相、两相或者多相流；降解动力学；吸附特征、分配系数；挥发性（亨利常数）；弥散过程。
与污染物迁移有关的土壤及岩性特征	有机碳含量；阳离子交换能力（CEC）；矿物质（粘土含量、铁锰氧化物、碳酸钙含量等）；干容重；粒径分布；含水量；优先通道；渗透性；孔隙度。
污染物行为	污染羽的稳定性；污染物浓度动态变化；影响污染物迁移的过程；是否存在降解产物；地球化学环境，如有氧或者无氧、pH、温度、氧化还原电位等。

F.2 建立地下水污染风险概念模型

地下水污染风险概念模型应在一般水文地质概念模型基础上，主要反映污染物 - 迁移途径 - 目标受体之间的关系。一般采用定性描述或者对关键过程的初步定量分析方法表达概念模型。为使表达更直观，需要画出场地地下水污染风险概念模型平面图及剖面图或栅栏图。

F.3 构建数学模型

应以情形1和情形2评价内容为基础,分别选择符合场地条件的非饱和带与饱和带水流和溶质迁移数学模型。

F.4 模型求解与预测

应用数值法求解水流数学模型和污染物迁移数学模型,预测污染物到达情形1和情形2某一位置处(如水井)地下水的时间及浓度变化。

常用模拟软件包及适用范围和特征见表F.2。

表F.2 地下水污染风险评价模型相关软件

软件名称	适用范围	软件特征描述
CHEMFLO-2000	非饱和带	用于非饱和带土壤水流和污染物迁移模拟。水流迁移使用 Richards 方程,化学物质迁移方程包括的过程有:对流-弥散、固相-液相间为一阶衰减、零阶衰变/产生,线性平衡吸附(使用迟滞系数)。
FEFLOW	非饱和带 饱和带	用于水流和溶解态污染物组分的迁移和地下水环境的热迁移过程。
GMS	非饱和带 饱和带	综合软件包,能为地下水模拟每一个阶段提供有效的描述工具,当前提供的模型包括 MODFLOW, MODPATH, MT3D, RT3D, FEMWATER, SEEP2D。
HYDRUS 1D	非饱和带	基于 Microsoft Windows 建模环境,用于分析在变饱和和多孔介质水流和溶质的迁移。

F.5 敏感性分析

应识别出对模型模拟结果影响最大的参数,以确定是否需要场地进行更加详细的调查以增加模拟结果的准确性。

在敏感性分析时,应改变一个或者多个参数值(通常是一定百分率范围如 $\pm 20\%$),检查这种改变对模型模拟结果的影响,对模拟结果影响大的参数应列为敏感性参数。

敏感性分析常考虑的参数有孔隙度、吸附/分配系数、水力传导系数、弥散系数、生物降解速率等。

F.6 地下水污染风险表征与判定

地下水污染风险可通过比较污染物到达评价点浓度与目标浓度的相对大小,以及污染物到达的时间来表征。

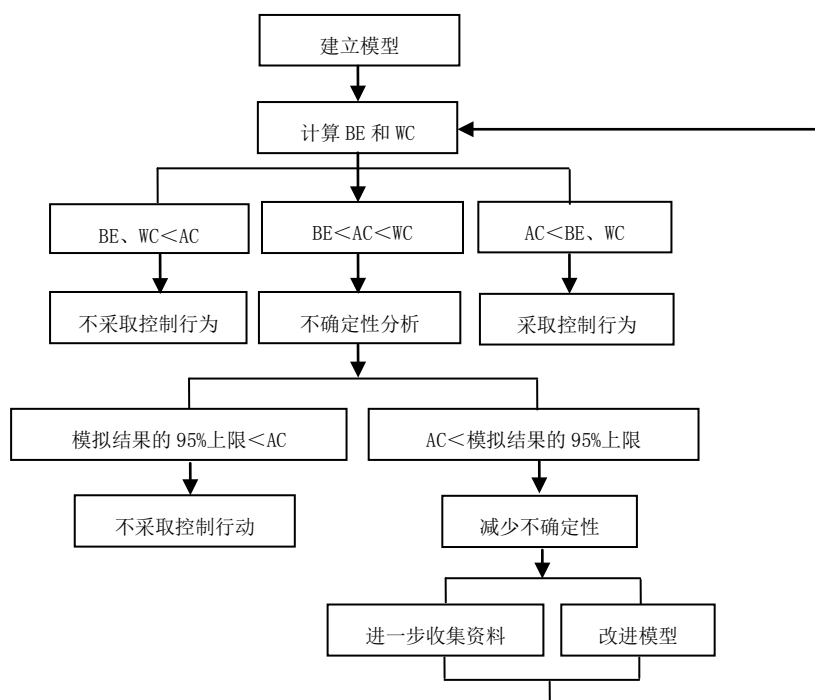
如果预测评价点地下水中污染物浓度超过了该点的目标浓度且到达时间相对较早,则地下水污染风险大,反之亦然。

F.7 风险的不确定性分析

过程模拟法风险的不确定分析与地下水目标浓度反演法规定的要求一致。其中输入参数的不确定性分析过程如图F.1所示。

在图D. 1中，将模型模拟结果分为最坏情景和最佳情景两类：最坏情景（WC）是指输入参数数值为资料统计中的最坏值（最小或最大），计算得出的污染物浓度最大，属于保守风险预测；最佳情景（BE）是指输入参数数值为最佳或最可能值，该值计算得出的污染物浓度为最可能值，属于最佳风险预测。将WC、BE与选择的环境标准值或风险可接受值（AC）进行比较：如果 $BE、WC < AC$ ，则地下水污染风险较小，不需要采取污染控制行为；如果 $AC < BE、WC$ ，则地下水污染风险很大，需要立即采取控制行动；如果 $BE < AC < WC$ ，则表明模型模拟结果的不确定性较大，需要开展进一步工作减小不确定性。

还可以应用概率模型进行不确定性分析，参数分布范围是以概率密度函数描述，模型结果也以概率分布来表达。蒙特卡洛方法是最为成熟的不确定分析方法，建议采用该方法进行不确定性分析。其他的方法包括最大熵和贝叶斯方法。如果模拟结果的95%上限 $< AC$ ，则表明地下水污染风险发生为小概率事件；若 $AC < \text{模拟结果的95\%上限}$ ，则表明地下水污染风险发生的概率较大。



图F. 1 评价结果不确定性分析方法

附录 G (规范性附录)

场地土壤和地下水污染调查与风险评价成果报告编写提纲

第一章 前言

- 第一节 项目概况
- 第二节 项目工作阶段与主要任务
- 第三节 项目完成情况
- 第四节 工作质量评述
- 第五节 以往工作评述

第二章 场地概况

- 第一节 自然地理
- 第二节 场地土地利用与污染史
- 第三节 场地地质、水文地质条件

第三章 场地污染调查

第一节 调查阶段、方法与内容

包括不同阶段调查目的、技术路线、技术方法、内容及工作量、样品采集分析情况等。

第二节 污染源特征

应包括场地污染源类型、分布特征，污染物浓度、组分分析等。

第三节 土壤污染特征

应包括土壤污染物统计分析、空间变化及主要污染物与其它参数的关系。

第四节 地下水污染特征

应包括场地水文地质结构、流场、补径排条件等；地下水中污染物统计分析、时空变化及主要污染物与其它参数的关系。

第五节 场地污染概念模型

依据污染源、土壤、地下水污染特征，综合分析主要污染物种类和浓度沿迁移路径（污染源-土壤-地下水）的变化规律，并概化出场地污染概念模型。

第四章 场地污染评价

应分别评价土壤和地下水的污染状况，并筛选出参与风险评价的污染物。

第五章 场地污染风险评价

第一节 场地污染风险概念模型

依据场地污染调查结果，建立场地污染风险概念模型。针对土地资源和地下水安全利用管理需求，确定场地污染风险评价的内容。

第二节 土壤污染风险评价

土壤污染风险应以定性评价为主，主要评价现状用地的污染风险。

第三节 地下水污染风险评价

地下水污染风险评价应包括评价目的、评价污染物、评价方法、评价步骤等。

第六章 地下水污染监测

第七章 结论、存在问题与建议

附录

参考文献
