

CAEPI

中国环境保护产业协会标准

T/CAEPI 14—2018

污染地块勘探技术指南

Technical guideline for exploration of contaminated site

(发布稿)

本电子版为发布稿，请以正式出版的标准文本为准。

2018-11-13 发布

2018-12-1 实施

中国环境保护产业协会 发布

目 次

前言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总体要求	3
5 岩土和地下水的分类与描述	4
6 勘探方案制定	7
7 勘探技术要求	10
8 监测井建设	19
9 环境保护与职业健康防护	22
10 勘探成果资料整理	26
附录 A（规范性附录）现场记录表式	27
附录 B（规范性附录）岩土分类	29
附录 C（资料性附录）岩土的现场鉴别	30
附录 D（资料性附录）直接推进技术	32
附录 E（资料性附录）槽探成果图式	37
附录 F（资料性附录）静力触探技术	38
附录 G（资料性附录）监测井结构图	40

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》等法律法规，规范污染地块土壤和地下水环境状况调查评价以及污染地块修复工作中的勘探活动，制定本标准。

本标准规定了污染地块勘探的工作任务、工作程序、技术要求、环境保护和职业健康防护、成果资料整理等内容。

本标准为首次发布。

本标准由中国环境保护产业协会组织制订。

本标准起草单位：北京市勘察设计研究院有限公司、上海勘察设计研究院（集团）有限公司、北京建工环境修复股份有限公司、浙江大学、中国环境科学研究院、北京高能时代环境技术股份有限公司、四川省地质工程勘察院、河南省地质环境规划设计院有限公司、河北煜环环保科技有限公司、北京师范大学。

本标准主要起草人：周宏磊、许丽萍、王峰、司传海、王慧玲、曹云者、陈倩、柯瀚、王文峰、李淑彩、李发生、詹良通、韩华、陈昌彦、孙莉、王承俊、刘钟森、左锐、刘晓娜、李韬、胡绕、李书鹏、魏丽、郝辉锋、李世义、刘星海。

本标准由中国环境保护产业协会2018年11月13日批准。

本标准自2018年12月1日起实施。

本标准由中国环境保护产业协会负责管理，由起草单位负责具体技术内容的解释。在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送至中国环境保护产业协会标准管理部门（北京市西城区扣钟北里甲4楼，邮编100037）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

污染地块勘探技术指南

1 适用范围

本标准规定了污染地块勘探工作的程序、方法，以及勘探工作的方案制定、实施和成果整理等技术要求，并根据污染地块特点，制定了勘探过程中环境保护和职业健康防护的内容。

本标准适用于疑似污染地块、污染地块环境初步调查、详细调查、风险评估、风险管控、治理与修复及其效果评估等工作中的勘探活动。

本标准不适用于农用地、放射性污染地块、危废填埋场场地。

2 规范性引用文件

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

- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50026 工程测量规范
- AQ 2004 地质勘探安全规程
- CECS 04 静力触探技术标准
- CJJ 7 城市工程地球物理探测规范
- HJ 25.1 场地环境调查技术导则
- HJ 25.2 场地环境监测技术导则
- HJ/T 164 地下水环境监测技术规范
- JGJ/T 87 建筑工程地质勘探与取样技术规程
- YS 5208 钻探、井探、槽探操作规程
- YS 5223 静力触探试验规程
- DB11/T 656 场地环境评价导则
- DB11/T 1311 污染场地勘察规范
- DB11/T 1278 污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则
- DG/TJ 08-2189 静力触探技术规程

DG/TJ08-2233 建设场地污染土勘察规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 污染地块勘探 exploration of contaminated site

针对疑似污染或污染地块，采用地球物理勘探、钻探、槽探、静力触探等勘探方法，进行岩土鉴别、污染特征描述、污染物现场快速检测以及监测井的建设，提供样品采集条件的活动。

3.2 岩土 soil and bedrock

地球陆地表面由矿物或岩石构成的疏松物质（土壤）和其下的坚硬岩层。

3.3 钻探 drilling

利用钻进设备向地层内钻孔，以取得岩土、地下水分布条件、岩土与地下水污染特征资料的勘探方法。

3.4 地球物理勘探 geophysical testing

利用地球物理原理，根据地下介质的密度、磁性、电性等物理性质的差异，选用适当的仪器，测量地球物理场的分布、变化，探查岩土体和污染源、污染物的空间分布，探测地块内地下设施、埋藏物的勘探方法。

3.5 槽探 trench exploration

采用人工或机械开挖探槽的方式，以取得浅部地层分布情况及污染表现特征、采取岩土样品，并进行剖面岩土污染快速检测的勘探方法。

3.6 静力触探 cone penetration test

用静力将一定规格的锥形探头压入试验土层，测定土的阻力、电阻率及温度等随深度的变化，以评价岩土和地下水污染、固废堆填场状况的勘探方法。

3.7 地下水监测井 groundwater monitoring well

用于监测地下水水位、水温、水质变化的井。通过钻探、成井，定期监测，采取水样进行分析测试。

3.8 土壤气监测井 soil gas monitoring well

用于监测包气带土壤空隙中的气相组分、含量变化的井。通过钻探、成井，定期监测，采取气样进行分析测试。

3.9 交叉污染 cross-contamination

在污染地块勘探过程中,将污染物引入原本不存在或浓度较低的地块岩土、地下水中,或者造成不同深度岩土、地下水中污染物混层的现象。

4 总体要求

4.1 勘探工作任务

4.1.1 污染地块勘探应结合场地环境管理各阶段开展,应满足如下任务要求:

- a) 污染地块环境调查、风险评估阶段,应为建立污染地块概念模型提供依据;
- b) 污染地块风险管控、治理与修复阶段,应为获取污染地块治理与修复设计、施工参数提供依据;
- c) 污染地块治理与修复效果评估阶段,应为鉴定治理与修复后地块岩土及地下水中特征污染物浓度的变化、判断治理与修复效果提供依据。

4.1.2 污染地块勘探主要工作内容至少应包括:

- a) 鉴别岩土名称及其基本性质,并确定其埋藏深度及厚度;
- b) 查明勘探深度内地下水的赋存情况;
- c) 开展污染物现场快速检测;
- d) 提供采集岩土、地下水、土壤气样品条件;
- e) 描述岩土、地下水的表观污染特征,初步探查污染源、污染物分布。

4.2 勘探工作程序

4.2.1 污染地块勘探工作按方案策划、现场实施、资料整理分阶段实施。

4.2.2 勘探方案策划阶段应搜集与分析已有资料,进行现场踏勘调查,编制方案策划书。勘探方案应明确勘探工作量布置、勘探方法、质量控制措施、施工组织计划、环境保护与职业健康防护措施等内容。

4.2.3 现场实施按照勘探方案执行,并应根据现场岩土鉴别、污染物特征识别及快速检测结果,动态调整勘探方案。

4.2.4 现场勘探完成后,应进行勘探成果资料整理,勘探成果包括地球物理勘探、钻探、槽探、静力触探、监测井成井资料,成果形式包括记录表单、平面图、柱状图与剖面图等图

件、相关统计资料等。

4.3 勘探基本要求

4.3.1 应针对不同勘探目的，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或综合运用多种勘探方法。

4.3.2 污染地块勘探前需进行勘探点定位及高程测量工作。若设置监测井，成井后还需进行井口高程测量。

4.3.3 污染地块勘探前应查明各类地下管线、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。

4.3.4 勘探过程中应采用便携式仪器进行污染物的快速检测和识别。

4.3.5 勘探过程中应采取措​​施保证样品质量，避免环境污染。

4.3.6 勘探工作应结合污染地块特征污染物类型，采取有针对性的人员健康与安全防护措施。

4.3.7 勘探结束后，必要时需保留土壤及地下水样品作为验证或其它目的使用。

4.3.8 勘探后除尚需保留的监测井外，应及时回填钻孔、探槽及井点，回填材料与回填施工均应避免对环境造成污染。

4.4 勘探记录及成果

4.4.1 勘探记录应在现场勘探过程中及时填写，记录内容包括岩土、地下水表观污染特征描述、勘探过程及勘探孔回填等内容。勘探应使用专门的记录单，记录格式可参考附录 A 表 A.1。

4.4.2 现场勘探记录应真实、准确，相应成果应进行校验。现场记录的内容，不得事后追记或转抄，误写之处可用横线划去在旁边更正，不得在原处涂抹擦改，也不能用重色覆盖。

4.4.3 现场勘探作业及记录人员应具备相应专业技术能力。

5 岩土和地下水的分类与描述

5.1 岩土分类

5.1.1 根据沉积年代，土可分为老沉积土、新近沉积土和人工堆填土。晚更新世及其以前沉积的土，应定为老沉积土；第四纪全新世中近期沉积的土，应定为新近沉积土；近现代人

类活动堆填而成的土，应定为人工堆填土。根据地质成因，可分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土、冰积土和风积土等。根据有机质含量，可分为无机土、有机质土、泥炭质土、泥炭等。

5.1.2 土按颗粒级配或塑性指数可分为碎石土、砂土、粉土和黏性土，具体分类如下：

a) 碎石土：粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土，并可按附录 B 表 B.1 进一步分类；

b) 砂土：粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土，并可按附录 B 表 B.2 进一步分类；

c) 粉土：粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，且塑性指数等于或小于 10 的土；

d) 黏性土：塑性指数大于 10 的土，并可根据塑性指数分为粉质黏土和黏土。塑性指数大于 10，且小于或等于 17 的土，应定名为粉质黏土；塑性指数大于 17 的土应定名为黏土。

5.1.3 人工堆填土按物质组成可分为素填土、杂填土，具体分类如下：

a) 素填土：由碎石、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成，不含杂物或含杂物很少。定名时前面宜冠以主要成分，如碎石素填土、粉土素填土等；

b) 杂填土：含有大量建筑垃圾、生活垃圾或工业废料等杂物的填土。按其含有物及成分特征，可分为建筑垃圾杂填土、生活垃圾杂填土、混合垃圾杂填土、工业废料杂填土；

建筑垃圾杂填土：以建筑垃圾为主要成分，含有物以砖（渣）块、瓦片、混凝土块、炉（渣）灰等为主，体积占比大于 80%；

生活垃圾杂填土：以生活垃圾为主要成分，含有物以各种厨余、橡塑、纺织、木竹、玻璃、金属、腐殖土为主要成分，砖（渣）块、瓦片、混凝土块等体积占比小于 20%；

混合垃圾杂填土：建筑垃圾、生活垃圾含量相当、成分混杂，含有物砖（渣）块、瓦片、混凝土块等体积占比介于 20%~80% 之间；

工业废料杂填土：以工业废料为主要成分，含有物以各种废石、尾矿、废渣、飞灰等为主。

5.1.4 岩石的分类应符合 GB 50021 的规定。

5.2 岩土现场鉴别与描述

5.2.1 土的鉴定和描述应以目测、手触、嗅味方法为主，并可辅以部分标准化、定量化的方法或仪器，现场鉴别可参照附录 C 表 C.1~表 C.4 执行。

5.2.2 土的描述应符合下列规定：

a) 碎石土：应描述名称、颜色、气味；颗粒级配、颗粒含量、颗粒粒径、磨圆度、颗粒排列及层理特征；粗颗粒的形状、母岩成分、风化程度；充填物的性质、湿度、充填程度及密实度；

b) 砂土：应描述名称、颜色、气味、密实度、湿度；颗粒级配、颗粒形状和矿物组成及层理特征；细粒含量、含有物等；

c) 粉土：应描述名称、颜色、气味、湿度、密实度；包含物、颗粒级配及层理特征；

d) 黏性土：应描述名称、颜色、气味、湿度；包含物、结构及层理特征；

e) 素填土：应描述名称、颜色、气味、物质成分、颗粒级配、密实度、湿度、含有物等；

f) 建筑垃圾杂填土：应描述名称、颜色、气味、物质组成；颗粒级配、颗粒粒径；充填物的性质、充填程度及密实度；

g) 生活垃圾杂填土：应描述名称、颜色、湿度、气味、含有物等。工程需要时，宜现场采用人工分拣法进行组分分类，并进行不同粒径的颗粒分析试验，测定不同粒径（5mm、10mm、20mm、40mm、60mm）的百分比；

h) 混合垃圾杂填土：应描述名称、颜色、湿度、气味、物质组成；颗粒级配、颗粒粒径；充填物的性质、充填程度及密实度；工程需要时，宜现场采用人工分拣法进行组分分类，并进行不同粒径的颗粒分析试验；

i) 工业废料杂填土：应描述名称、颜色、气味、废料的种类、形态、粒径、含有物种类，尤其是有害含有物种类等。

5.2.3 岩石的描述应包括岩性名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造等。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度；对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小和结晶程度。

5.2.4 对于疑似污染的岩土，现场应重点描述以下特征：

a) 与周边岩土天然背景色不同的异常颜色特征，如呈黑色、黑褐色、灰白色、棕红色、紫红色等；

b) 特殊气味，如刺激性气味、芳香气味、恶臭等；

- c) 与周边岩土天然外观结构不同的异常特征，如呈板结状、蜂窝状、团块状；
- d) 油状物、盐渍等其他污染特征。

5.2.5 污染地块的描述应充分考虑地块的特征污染物，如重金属污染地块特征污染物包括镉、汞、砷、铅、铬、铜、锌、镍等；有机污染地块挥发性污染物包括苯系物、有机氯化物等；半挥发性污染物包括多环芳烃类、有机农药类、多氯联苯和二噁英等；固废堆填地块应考虑填埋有害特征污染物。

5.2.6 当采用快速检测仪器，如 X 射线荧光光谱仪（XRF）、光离子化检测仪（PID）等测试时，现场应及时记录快速检测仪器检测结果。

5.3 地下水分类与描述

5.3.1 地下水按含水介质可划分为孔隙水、裂隙水和岩溶水；按埋藏条件可划分为上层滞水、潜水和承压水。

5.3.2 地下水的描述应包括地下水的颜色、气味、含有物等特征。对于可能受到污染的地下水，还应描述其异常颜色特征，如呈黑色、棕色、黄色、绿色等；异常气味特征，如刺激性气味、芳香气味、恶臭等；异常含有物，如油类物质、悬浮物等。

6 勘探方案制定

6.1 资料搜集与分析

6.1.1 资料搜集可通过文献查阅、人员访谈等方式进行，包括下列内容：

- a) 地块土地利用与变迁资料，包括地块内建筑、设施、地下管线情况，产品、原辅材料、工艺流程等资料，生产过程中职业健康安全防护、环境保护措施等资料；
- b) 地块不同阶段的环境调查、评估资料，治理及修复设计、施工资料，环境监测资料等；
- c) 地块及周边已有地质资料、水文地质资料等；
- d) 地块所在区域水文气象资料、地质资料等；
- e) 地块周边自然保护区和水源地保护区等敏感目标资料，区域环境资料。

6.1.2 应根据搜集资料分析地块的地质与水文地质条件，初步判别污染地块类型、特征污染物、污染源位置、污染物分布等地块污染特征。

6.2 现场踏勘调查

6.2.1 现场踏勘调查前，应根据搜集的资料，明确踏勘工作目的和内容。

6.2.2 现场踏勘应重点调查地块的生产设施与工艺的使用情况，化学品、危险品的使用存储情况，污水处理设施、固体废物堆放情况，气味、颜色异常等污染痕迹信息，应辨识现场的环境因素与危险源。

6.2.3 现场踏勘应落实地块放线条件和现场作业条件等，确认地块内的各种地下构筑物、地下管线、罐槽、污染源的位置，尤其是储存污染物的罐槽与管线，燃气管道、动力电缆、通信电缆和不可中断的供水管道等，明确施工条件的安全性和对周边环境的影响。

6.2.4 现场踏勘应了解地块附近地质及环境条件，包括地块及其周围区域的地形地貌条件、水文条件、交通条件，地块周围公用设施以及建构筑物分布等。

6.3 勘探方法选择

6.3.1 污染地块勘探宜采用相互结合的多种勘探方法，并应符合下列要求：

- a) 应选择能够满足工作要求，且对地块环境无污染或影响程度小的勘探方法；
- b) 宜先采用地球物理勘探方法，初步查明地下管线及埋藏物的分布特征、岩土体空间分布、地块地球物理异常特征；
- c) 在资料分析、地块调查、地球物理勘探的基础上，选择针对性的钻探、槽探、静力触探等相结合的勘探方法，结合采样、检测分析结果，查明地层及地下水分布特征、污染特征；
- d) 勘探过程中应辅以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。

6.3.2 当进行污染物特征探测时，应根据地块特征污染物类型选择地球物理勘探方法，可按照表 1 进行选择。

表 1 地球物理勘探技术适用的污染物类型

地球物理勘探方法	适用的特征污染物类型
电阻率法	重金属污染物、有机污染物
探地雷达法	有机污染物
激发极化法	重金属污染物、有机污染物
高精度磁法	重金属污染物
电磁感应法	重金属污染物、有机污染物

6.3.3 钻探技术应根据岩土类别、污染物类型及采样要求，选择合适的钻机、钻具和钻进方法，各种钻进方法的适用性见表 2、表 3。

表 2 不同岩土类别地块的钻进方法

钻进方法	适用岩土类别					钻进深度 (m)
	黏性土	粉土	砂土	碎石土	岩石	
套管护壁冲击钻探	+	++	++	+	-	<40
声波振动钻探	++	++	++	+	+	>30
直接推进钻探	++	++	++	-	-	<30
回转钻探	++	++	++	++	++	>100

注：++：适用；+：部分适用；-：不适用。

表 3 不同污染物类型地块的钻进方法

钻进方法	适用特征污染物类型				
	重金属污染物	有机污染物		重金属和有机复合污染物	
		挥发性有机物	半挥发性有机物	化学性质不稳定的污染物	化学性质稳定的污染物
套管护壁冲击钻探	++	+	++	+	++
声波振动钻探	++	++	++	++	++
直接推进钻探	++	++	++	++	++
回转钻探	+	-	+	-	+

注：++：适用；+：部分适用；-：不适用。

6.3.4 当探查深度较浅、作业面积有限时，宜采用槽探。

6.3.5 静力触探适用于素填土、黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土，可用于定性或半定量判断地块污染物类型和污染范围，静力触探方法选择应符合下列要求：

a) 应选择具有测试电阻率、介电常数、孔隙水压力、探头偏斜角度、波速或可视化成像等功能的单一或多功能探头；

b) 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，如重金属和含碳、硫等有机化合物，宜采用电阻率静力触探（RCPT）、电阻率孔压静力触探（RCPTU）或原位连续贯入式时域反射计（TDR）方法；

c) 当污染土体与未受污染土体的介电常数存在差异时，如渗滤液或非水相液体（NAPL），

宜采用原位连续贯入式时域反射计(TDR)方法或其他可测土体介电常数的静力触探方法；

d) 当污染地块存在挥发性有机物(VOCs)时,宜采用薄膜界面探测仪(MIP)或其他可定量测定污染土体中挥发性有机物浓度的气渗性静力触探；

e) 对于某些在荧光的诱发下会发出光谱的有机污染物,如燃油污染,可采用激光诱导荧光检测(LIF)的静力触探方法；

f) 对于重质非水相液体(DNAPL),还可采用可视化静力触探(VisCPT)。

6.4 勘探方案内容

6.4.1 勘探方案应包括下列内容：

a) 项目基本情况。包括项目背景、来源、工作目的与任务、地理位置、交通条件等；

b) 勘探工作布置。包括勘探方法选择,地球物理勘探的测线位置、长度,钻探孔、槽探孔、静力触探孔的数量、位置和深度等,监测井的数量、位置、深度、井径和材料,以及勘探取土与取水的数量、位置和深度等；

c) 质量控制措施。包括依据的标准规范,勘探设备、钻进工艺要求,勘探记录内容要求,其他质量控制技术要求等；

d) 项目进度计划和施工组织。包括勘探机械、设备类型和数量要求,材料要求、人员组织、项目实施各阶段的时间安排等；

e) 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；

f) 勘探成果内容及形式要求。

6.4.2 勘探方案中应对现场动态调整工作方案的原则作出规定,并对因方案调整可能产生或增加的环境因素和危险源作出补充识别、制定相应的环境保护措施和职业健康安全防护措施。

7 勘探技术要求

7.1 一般规定

7.1.1 现场勘探应按策划方案开展定位测量、勘探、建井、地下水位量测、原位测试等工作。

当遇到下列情形时,可动态调整勘探技术要求：

a) 勘探点受地块条件影响无法实施；

- b) 实际勘探揭示的岩土条件、污染状况与初判结果差异较大;
- c) 其他不能满足勘探目的及评价要求的情况。

7.1.2 现场勘探前应先进行定点测量和地下管线、地下构筑物探测。现场勘探点及测试点的现场放线、钉桩及标高测量应符合 GB 50026 的规定。地下管线及构筑物探测应查明管线、构筑物的位置、深度、性质等,防止地下管线、储罐等破损造成环境污染和人员安全事故。

7.1.3 勘探过程中,现场应采用光离子化检测仪(PID)、火焰离子检测仪(FID)、X射线荧光光谱仪(XRF)等便携式检测仪器,定性或半定量检测污染物浓度的变化情况,具体要求参见《污染地块采样技术指南》。针对存在可燃气体的污染地块,应配备可燃气体检测仪监控钻探过程。

7.1.4 勘探过程中应严格执行质量控制技术要求,防止污染扩散。应对产生的固体废物集中收集,采取隔离、安全贮存、自行或委托处置措施。

7.1.5 勘探结束后,对钻孔应采用低渗透性环保材料回填,对探槽可采用原土或低渗透性环保材料分层回填,对废弃的监测井应根据需要采用低渗透性环保材料进行封井,防止不同深度污染物扩散造成二次污染或交叉污染。对需要保留的长期监测井,应设置井台、井盖、标识牌等保护措施。

7.2 地球物理勘探

7.2.1 地球物理勘探可利用污染介质与未污染介质间的物性差异,初步探查储存污染物质的地下设施位置、被污染的岩土和地下水的平面分布及深度范围等,并结合钻探、槽探、静力触探等技术成果进行验证。

7.2.2 开展地球物理勘探应满足下列要求:

- a) 被探测污染物与周围岩土体之间有明显的地球物理性质差异;
- b) 被探测污染物具有一定的规模;
- c) 被探测污染物形成的地球物理异常场应能够从背景场中分辨和识别。

7.2.3 地球物理勘探首先应开展有效性试验,除应满足 CJJ 7 规定外,尚应符合下列规定:

- a) 有效性试验宜选择具有代表性的地方开展,当地块中存在已知污染区域时,应在已知污染区域内开展;
- b) 应根据有效性试验,确定相应的探测方法及工作参数。

7.2.4 电阻率法测试时应符合下列规定:

- a) 可根据工作条件和探测要求选用高密度电阻率法、电阻率层析成像等方法;
- b) 高密度电阻率法的剖面长度应根据最大目标探测深度确定,宜取 6 倍以上最大目标探测深度;
- c) 电阻率层析成像布设测孔时,测孔深度应根据最大目标探测深度和测孔间距确定。测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。

7.2.5 探地雷达法测试时应符合下列规定:

- a) 应根据工作条件和探测深度选用天线频率,同等条件下宜选择屏蔽天线;
- b) 天线频率选择应根据目标探测深度通过现场试验确定,当多个频率的天线均能符合探测深度要求时,宜选择频率相对较高的天线;
- c) 探地雷达法现场测试时应避开大范围金属构件、地下高压电缆等强干扰物。

7.2.6 激发极化法测试时应符合下列规定:

- a) 可根据测试需要选择电测深装置或电剖面装置;
- b) 测线长度应大于供电极距的 2/3,需移动供电电极完成整条测线的观测时,在相邻观测段间应有 2~3 个重复观测点;
- c) 一线供电多线观测时,旁测线与主测线间的最大距离应不大于供电极距的 1/5;
- d) 供电电流强度变化应不大于 5.0%;
- e) 二次场的电位差值宜大于 1mV;
- f) 仪器的调零工作应在规定的供电时间内完成。

7.2.7 高精度磁法测试时应符合下列规定:

- a) 测线间距宜根据预估污染区域规模确定,不宜大于 10m;
- b) 点距应保证在污染区异常上存在连续测点,以能清晰体现异常为原则;
- c) 探测开始前应确定探头最佳高度,每次观测时探头高度和方向应保持一致;
- d) 操作人员不得随身携带任何磁性物品,观测时遇有磁性干扰物应合理移动点位,如不可避免则需于外业记录中标明;
- e) 观测时相邻测点读数差异较大时,应加密测点;相邻测线异常明显变化时,应加密测线;测区边缘存在异常时,应扩大观测范围。

7.2.8 电磁感应法测试时应符合下列规定:

- a) 宜根据预估污染区域规模确定检测测线间距和点距;

- b) 宜使用两种及以上线圈频率开展现场测试工作；
- c) 操作人员禁止随身携带放射性电磁波设备；
- d) 现场测试时天线方向宜保持一致，以消除相位干扰问题；
- e) 现场观测时相邻点读数差异较大时，应进行重复测量直至稳定，必要时加密测点；
- f) 现场观测时对明显干扰物应合理规避，如不可避免则需于外业记录中标明。

7.2.9 地球物理勘探成果的解释与污染识别应符合下列规定：

- a) 地球物理勘探成果的解释应考虑其多解性，条件允许时应采用多种探测方法进行综合判释，必要时应进行取样检测、分析验证及标定；
- b) 应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；
- c) 重金属污染在电性剖面上表现为相对低阻，在磁性剖面上表现为相对高磁异常；
- d) 石油烃等有机物污染在电性剖面上表现为相对高阻异常；
- e) 固体废物在磁性剖面上表现为相对高磁异常。

7.3 钻探

7.3.1 污染地块钻探时，宜避开地下管线、地下构筑物等。当不能避开时，应采取相应的安全防护和环境保护措施。

7.3.2 钻探成孔口径应根据钻孔取样、测试要求、地层条件及钻进工艺等确定，并应符合下列要求：

- a) 用于鉴别与划分地层的钻孔，松散土层钻孔成孔口径应大于 36mm；
- b) 用于采取土样的钻孔孔径应比使用的取土器外径大一个径级；
- c) 用于原位测试的钻孔，其成孔口径应满足测试探头的工作要求。

7.3.3 钻探深度应根据岩土鉴别、地层分布、地下水埋深，以及满足污染分析划定污染范围的需要确定，深度控制及量测应符合下列要求：

- a) 每次钻进深度不应超过岩芯管有效长度；
- b) 钻进深度和岩土层分层深度的量测精度，最大允许偏差为 $\pm 0.05\text{m}$ ；
- c) 采取土样的起始深度与钻进深度的误差不宜超过 0.05m；
- d) 每钻进 10m 和终孔后，应校正孔深，并宜在变层处校核孔深。

7.3.4 钻进成孔除应符合 JGJ/T 87 的要求外，还应符合下列要求：

a) 钻探成孔宜采用清水钻进或跟管钻进，应尽可能不使用冲洗液，如必须使用冲洗液时，需保证冲洗液不影响土样化学性质；

b) 钻探开孔前应对钻进设备、取样装置进行清洗，不同钻孔钻进应对钻探设备进行清洗，同一钻机在不同深度采样时，应对钻探设备、取样装置进行清洗，避免产生交叉污染。钻进设备包括套管、钻具、钻头、循环系统等，取样装置主要指取土器；

c) 在多层地下水地区，宜使用多级套管、分层灌浆回填等止水方式，防止上下含水层之间的交叉污染；

d) 钻进过程中为防止交叉污染，实施套管跟进钻探时，套管连接处不得采用可能引入污染的有机粘接剂，宜采用螺纹式连接；

e) 根据污染地块污染物类型不同，在选择套管材料时应考虑套管与地层、地下水之间可能发生的化学反应，套管材料要求既不会吸附岩土层中的化学物质也不会有物质淋滤进入岩土层中。

7.3.5 钻探过程中应进行岩土描述，并详细记录、分析勘探过程和岩芯情况。取芯钻进时，除用作试验的土样及岩芯外，其余土样及岩芯应按钻进回次先后顺序存放于岩芯盒内，注明深度和岩土名称，拍摄照片。现场钻探记录表填写要求参见附录 A 表 A.1。

7.3.6 钻探过程中遇地下水时应描述其颜色、气味、含有物等特征，并量测地下水初见水位、稳定水位；遇非水相液体 (NAPL) 时应使用油水界面仪、测油尺等量测油层的位置和厚度。

7.3.7 冲击钻探利用钻具重力和下冲击力使钻头冲击孔底，达到破碎岩石 (土层) 实现钻进的目的，污染地块应使用套管护壁冲击钻探，冲击钻探应符合下列要求：

a) 钻探过程宜清水钻进，特殊情况下也可使用不影响土壤及地下水化学性质的冲洗液；

b) 钻探取样过程中应尽量减少锤击次数，以减少样品扰动；

c) 钻探取样前应将孔内废土清除干净，利用取土器定深取样；

d) 取样器内可以用嵌入的方式安装衬筒，衬筒应使用不与污染物发生反应的材料制成，防止取样器对土样的污染。对于有机污染地块宜使用金属作为衬筒材料，对于重金属污染地块则宜使用塑料作为衬筒材料。

7.3.8 声波振动钻探利用高频振动力、回转力和压力使钻头切入土层或软岩实现钻进，对不可液化地层采用压缩剪切方式，对可液化地层采用振动液化方式实现钻探，声波钻探应符合下列要求：

a) 钻探设备：钻杆与换能器应采用螺纹连接；应合理选择弹簧刚度及长度，以便于再

次起振；应采取措施减少自由质量在传递过程中能量损耗及提高动量传递效率；

b) 钻探频率：利用钻具和土体系统共振产生的振动频率，应考虑钻杆长度和土体性质，当振动钻探粉土、黏性土时，应使用较低频率（<50Hz）而偏心力矩较大的钻探方式；振动钻探砂土、碎石土时，宜采用较高频率（>50Hz）；

c) 声波钻探过程中应采取避免交叉污染的措施，钻探过程中不宜使用泥浆、添加剂或其它冲洗介质；

d) 岩芯管宜超前外层套管 6mm~115mm，提取岩芯后应将外层套管跟进至取芯深度，以保护孔壁、隔离含水层。

7.3.9 直接推进钻探通过液压、冲击或震动等方式将小直径钻杆、工具推进、贯入地下以实现钻探、取样和测试，利用各种采样器可应用于土壤样品、土壤气样品和地下水样品的采集，直接推进钻探应符合下列要求：

a) 直接推进技术适用于松散沉积的黏性土、粉土、砂土，钻探深度一般不超过 30m，可根据地块条件确定最大钻探深度；

b) 直接推进技术土壤取样器可采用开放式取样器和封闭式取样器，取样器选用应考虑地块条件、污染特征、取样器特点等因素，保证定深精准取样、减少扰动。直接推进技术不同类型土壤取样器特点见附录 D 的 D.1；

c) 直接推进技术地下水取样器包括过滤器开放式取样器、过滤器封闭式取样器和地下水连续取样器，地下水取样器应考虑地块条件、污染特征进行选择，应避免交叉污染、减少对含水层扰动，地下水连续取样应保证取样器清洗效果。直接推进技术不同类型地下水取样器特点见附录 D 的 D.2；

d) 直接推进技术可通过原位测试进行渗透系数探测和有机污染物探测。其中渗透系数探测可采用注入法和静力触探法（CPT）；有机污染物探测可采用激光诱导荧光检测仪（LIF）和薄膜界面探测仪（MIP）；

e) 采取土壤样品时，应避免采用敲击钻杆、取样器的方式提出，防止影响样品质量。

7.3.10 回转钻探通过钻杆将回转力矩传递至孔底，同时施加一定的轴向力实现钻进。回转钻探应符合下列要求：

a) 地下水位以上土层钻探，应采用无冲洗液钻探，遇到粉土层或砂土层为防止塌孔，可采用套管跟进钻探工艺；

b) 地下水位以下土层钻探，宜采用无冲洗液钻探。当需使用冲洗液时，应采用对地

块污染无影响的冲洗液，并宜采用反循环钻进工艺，通过控制循环泵功率调整孔底冲洗液液压，避免冲洗液向孔底和周边土层渗透；

c) 当污染物类型为挥发性有机物时，不宜采用空气循环介质；

d) 当钻探深度内有多个含水层时，应及时进行分层止水，止水材料不应造成二次污染，可变径钻进；

e) 当污染物为有机物或汞时，为避免污染物因温度升高产生挥发，所取的岩土样直径不宜小于 91mm；

f) 为避免因冲洗液渗透对孔底土层污染物的影响，取样时，应达到孔底以下不少于 50cm。

7.4 槽探

7.4.1 槽探适用于地下水位以上且深度在 3m 以内的地层，可用于识别观察、快速检测污染物浓度与特征、鉴别岩性、采集样品等。槽探不适用于可能产生高浓度有毒气体的地层。

7.4.2 探槽的深度、长度、断面尺寸等应按工程要求和地质条件确定，并应符合下列规定：

a) 探槽挖掘深度不宜大于 3.0m，槽底短边宽度不应小于 1.0m。当需进行采样或原位测试时，断面还应满足采样、测试要求；

b) 探槽边坡应按岩土性质确定，稳定性差的岩土体应放缓边坡或采取支护措施。

7.4.3 槽探实施除应符合 YS 5208 的规定外，还应符合下列要求：

a) 探槽开挖必须做好健康安全防护措施，避免对开挖和采样人员造成健康风险；

b) 应根据编录、采样、测试要求，对坑壁、坑底进行清理；

c) 开挖过程中的土石方堆放位置离坑口、槽口边缘应大于 1.0m；

d) 雨期施工时，应在槽口、坑口设防雨篷和截水沟；

e) 应分层开挖，可采用原土或环保弱透水材料分层回填、分层夯实，避免二次污染。

采用原土回填时，须按原土层顺序回填。

7.4.4 槽探应记录探槽位置、采样信息、开挖土样与槽壁土层的异常颜色、气味等污染痕迹信息。此外尚应以剖面图、展开图等反映槽壁和底部的岩性地层分界、构造特征、取样和原位试验位置，并应辅以代表性部位的照片。探槽剖面展开图式可按本标准附录 E 的图 E.1 执行。

7.5 静力触探

7.5.1 静力触探可通过连续贯入静力触探探头，比较污染介质与未污染介质之间的土体电阻率或电导率、介电常数等物性差异，或定量测量污染地块挥发性有机物浓度、土体释放特征 X 射线的强度等，对污染地块进行快速筛查，初步确定污染区域的范围、深度及污染程度等。其应用选择可参考附录 F。

7.5.2 应用静力触探探测时，应满足下列要求：

- a) 污染地块的土体应具有可贯入性；
- b) 污染物类型和浓度能够被所选静力触探探头所测定和判别；
- c) 静力触探探头应符合率定的要求；
- d) 现场试验应符合规定的操作要求；
- f) 与静力触探试验有关的仪器设备，如贯入系统、探测系统、探头标定系统应保证正常使用。

7.5.3 静力触探测点布设应满足下列要求：

- a) 应根据前期资料收集与现场踏勘情况，确定可能存在土壤或地下水污染的重点关注区域，有针对性地确定触探点位布设范围；
- b) 探头点位布设间距应结合污染源分布和污染途径进行，靠近污染源处触探点间距宜密，远离污染源处触探点间距宜疏；
- c) 当污染地块土层变化较大或有暗埋的塘、洪、沟、坑、穴时，触探点应予加密；
- d) 确定污染土与非污染土界限时，触探点间距应予加密；
- e) 触探点的勘探孔深度宜穿透污染土。当污染地块存在 DNAPL 时，静力触探的最大深度不应穿透地下天然阻隔层，避免造成污染物的纵向扩散。

7.5.4 静力触探探头除应符合 GB 50021 的要求外，还应符合下列规定：

- a) 探头在工作状态下，各传感器的互扰值应小于±0.3%满量程；
- b) 对于连续贯入式时域反射计（TDR）探头，探头的直径宜小于 10mm，以避免贯入过程中因对周围土体的挤压而产生误差；应保证附着于绝缘体棒材上的连续贯入式时域反射计（TDR）电极与周围土体有良好接触；
- c) 对于可定量探测污染土体中挥发性有机物浓度的气渗性探头，应保证探头左右两侧的圆形气体渗透膜对称。

7.5.5 静力触探探头的率定除应符合 GB 50021 和 CECS 04 的要求外，还应符合下列规定：

a) 探头传感器室内率定误差不应超过 $\pm 1.0\%$ 满量程 (FS) 外, 当探头自地下返回地面时, 应记录归零误差, 现场的归零误差不应超过 3%;

b) 探头应定期率定, 有效期不应超过 3 个月, 当使用中出现异常情况时, 应及时重新率定, 保证数据采集系统性能稳定可靠。

7.5.6 静力触探探杆和贯入系统 (贯入力) 应符合 DG/TJ08-2189 的要求。

7.5.7 静力触探现场试验操作, 包括测定、记录等除应符合 CECS 04 和 DG/TJ 08-2189 的要求外, 还应符合下列规定:

a) 当使用电阻率孔压静力触探探头时, 在整个贯入过程中不得提升探头, 终孔后, 探头提出地面应立即卸下滤水器, 记录不归零读数;

b) 当贯入深度超过 30m, 或穿过厚层软土后再贯入硬土层时, 应采取措施防止孔斜或断杆, 必要时可配置测斜探头, 量测触探孔的偏斜角, 校正土层界限的深度;

c) 当污染物对人体健康有害或对机具仪器有腐蚀时, 应采取必要的防护措施;

d) 对于原位连续贯入式时域反射计 (TDR), 宜每贯入 30cm~100cm 测试一次电导率和介电常数, 保证 TDR 探头沿深度方向的测试精度;

e) 对于电阻率静力触探探头, 贯入前需检测电阻率电极正常与否, 确保无断路, 且与金属静探杆及电阻率测杆内衬金属无接触; 检查电阻率仪自带电源及供电电源, 确保满足操作要求; 电阻率探头贯入至预定深度后, 应静置一定时间使电阻率测试值达到稳定后再采集数据;

f) 当采用薄膜界面探测仪 (MIP) 或可定量探测污染土体中挥发性有机物浓度的气渗透性探头进行污染物探测时, 应进行响应测试, 保证测试装置的完整性与可靠性; 应调节温度控制器保证挥发性有机物正常气化。

7.5.8 静力触探设备的清洗与维护除应符合 DG/TJ08-2189 的要求外, 还应符合下列规定:

a) 在每次探测之后, 应检查探头内部的“O 型”电路, 当“O 型”电路出现肿胀或粘在金属表面, 应进行更换;

b) 应定期检查设备是否受化学污染和密封损坏, 清洗设备 (触探头、触探杆等), 避免二次污染;

c) 应采用温水和无磷洗涤剂对受污染的探头进行清洗, 并用去离子水冲洗和干燥处理;

d) 应使用专用的保护手套将清洗干净的贯入仪存放在塑料或金属箱中, 不应直接用手触碰。

7.5.9 静力触探探测成果资料的判释与污染识别应符合下列规定：

a) 当采用静力触探方法测试土的电阻率和介电常数时，应同时在未污染区采集土样测试电阻率和介电常数背景值，进行对比分析，并结合当地和类似工程的经验，判断是否存在污染、污染物类型、污染程度；

b) 分析探测成果资料时，应注意仪器设备、试验条件、试验方法等对试验结果的影响，区分有用信息与干扰信息，并结合地层条件，剔除异常数据，必要时应结合勘探取样检测结果，进行综合判释。

8 监测井建设

8.1 地下水监测井

8.1.1 监测井的建设过程应包括监测井设计、成孔、井管安装、滤料围填、洗井，长期监测井还应进行封闭和固定。针对分布多层地下水地区，宜分层设置监测井进行地下水监测。

8.1.2 地下水监测井应包括井孔、井管、填充料与井台等部分，井管自上而下为井壁管、过滤管、沉淀管，具体见附录 G 的 G.1。

8.1.3 监测井成孔应根据地块地质条件，选择适当的钻探工艺进行钻孔。监测井点不进行土壤采样的情况下，在粉土、砂土、黏性土或卵砾石层，可选择回转钻进法或冲击钻进法；固结的岩层中则宜采用回转钻进法。

8.1.4 监测井建设除应符合 HJ/T 164 的要求外，井管材质、直径及连接方式还应符合下列规定：

a) 井管材质应选择坚固、耐腐蚀、不会对地下水水质造成污染的管材，并满足监测井强度要求。当监测目标污染物为有机物时，宜选择不锈钢、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，宜选择聚氯乙烯（PVC）、聚四氟乙烯（PTFE）材质管件。具体材质选择可参考 DB11/T 1311；

b) 监测井管直径应满足洗井和采样要求，宜选择直径 50mm~100mm 的井管；当该井同时作为抽水试验或修复用井时，井管直径可适当增大；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；

c) 井管连接可采用螺纹或丝扣等机械式连接，不应使用可能污染地下水水质的连接材料，并避免连接处发生渗漏。

8.1.5 过滤管的设置应符合下列要求：

- a) 过滤管应置于监测目标含水层，过滤管的孔隙大小应能防止 90%的滤料进入井内；
- b) 过滤管长度应根据地下水中污染物特征和水位动态确定，长度不宜超过 6m。若采集不同深度含水层水样，包括不同含水层及同一含水层不同深度水样时，可分层设置多个监测井；
- c) 过滤管应置于拟采样含水层中以取得代表性水样。当监测比水轻的非水相液体（LNAPL）时，过滤管位置应靠近含水层的上缘；当监测比水重的非水相液体（DNAPL）时，过滤管位置应靠近含水层的下缘，或置于污染物可能分布的最大深度，应避免穿透隔水层而造成污染物继续往下迁移；
- d) 过滤管底部须用螺纹式接头底盖封实，底座部分需有垫圈防漏。

8.1.6 监测井滤料围填应符合下列要求：

- a) 井管和钻孔之间由下至上依次围填主要滤料层、次要滤料层、止水层、回填层；
- b) 主要滤料层位于过滤管周围，应填充至超过过滤管上部 60cm，滤料宜选用石英砂，滤料的粒径宜根据目标含水层土壤的粒径确定；
- c) 次要滤料层宜填充大于 20cm 厚的直径为 0.1mm~2mm 的石英砂；
- d) 止水层应填充大于 60cm 厚的直径为 0.6cm~1.2cm 的球状或扁平状膨润土颗粒，确保监测井目的层与其他层之间止水良好。止水材料必须无毒、无味、不污染水质；
- e) 回填层可用水泥浆、含 5%膨润土的水泥浆或膨润土浆回填至地表，固定井管并防止地表渗漏影响监测；
- f) 填料过程应选择合适填充工艺，避免出现架桥、卡锁或填充不实等现象。

8.1.7 监测井建井中所用的设备和材料应清洗除污，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，下管前应进行有效清孔。

8.1.8 监测井设置后，应清除过滤管周边的细小颗粒，应进行成井洗井，洗井标准为出水浊度小于 5 浊度单位（NTU）。采样洗井可参考 DB11/T 656 要求。洗井废水应统一收集、处理，不得随意排放。

8.1.9 地下水监测井可根据实际情况设为平台式或隐蔽式监测井。监测井管套顶盖应加锁，井外设标示牌并注明相关信息。井口地面应采取防渗措施，井周围应有防护栏。当需要进行地下水长期监测时，还应根据需要定期校核井口固定点高程。

8.1.10 地下水监测井的结构信息应详细记录，并绘制监测井结构图，注明相关尺寸。记录

要求可参照本标准附录 A 表 A.2 执行。

8.1.11 当废弃的地下水监测井需要拆除时，应采取措施防止污染物扩散，并应符合下列规定：

- a) 当井口有保护装置时，应先予以拆除；
- b) 应选用水泥膨润土浆或混凝土砂浆等材料进行封填；
- c) 宜采取边灌浆边拔井管的方式；
- d) 拆除过程中及拆除完成后应及时清理现场固体废物并妥善处理。

8.2 土壤气监测井

8.2.1 土壤气监测井主要应用于挥发性有机污染物污染地块。

8.2.2 土壤气监测井应使用惰性材料建井，土壤气探头可使用割缝不锈钢管或高密度聚氯乙烯（UPVC）管制作，土壤气导气管可使用衬氟聚氯乙烯管、聚醚酮树脂管、高密度聚氯乙烯（UPVC），不应采用低密度聚氯乙烯（PVC）管、聚乙烯（PE）管作为导气管。

8.2.3 土壤气监测井结构应符合下列要求：

a) 土壤气探头长度不应大于 20cm，直径可根据钻孔直径确定，不宜大于 5cm；土壤气导气管内径不宜大于 4mm；

b) 探头周围应埋设一定厚度的石英砂滤料，滤料的直径应根据探头割缝宽度或开孔直径确定，滤料装填高度应高出探头上沿不小于 10cm，滤料装填总高度不大于 30cm；

c) 滤料之上应填厚度不小于 30cm 的干膨润土，干膨润土之上填膨润土泥浆；

d) 一个土壤钻孔中仅埋设一个土壤气探头时，膨润土泥浆应填至距离地面 50cm 处，待其干固后继续填水泥砂浆至高出地面不小于 10cm，高出地面部分应做成锥形坡向四周，锥形地面直径不小于 60cm。同时，应在水泥砂浆中埋设一节聚氯乙烯（PVC）套管，套管露出地面不小于 30cm，导气管地上部分应置于套管内部，顶部用管堵盖住，采样时将管堵拧开后将采样泵与导气管连接并开始采样；

e) 在同一个钻孔不同深度埋设多个土壤气探头时，在埋设相对较浅的探头时，应在膨润土泥浆顶部先填一层厚度不小于 10cm 的干膨润土，之后再埋设探头，装填石英砂滤料，不同导气管连接的土壤气探头应用不易消退的记号笔做好相应深度标记；

f) 导气管接口处应连接阀门，非采样时间应将阀门关闭；

g) 土壤气探头、导气管、阀门的连接以及导气管采样口与采样泵的连接均采用无油

快速密闭接头，不应采用含胶的粘合剂连接；

h) 典型土壤气监测井结构可参见附录 G 图 G.2，可根据地块具体水文地质条件进行调整。所有监测井的建井结构均需进行详细记录。

8.2.4 土壤气监测井钻探建井应符合下列要求：

a) 土壤气监测井的钻探宜选择对土壤扰动较小的工艺；

b) 钻探过程中不应加入水或泥浆，如需采集土样，所选钻探技术还需满足挥发性有机物土壤采样对钻探技术的要求；

c) 埋设土壤气探头及各种填料的过程中，应及时测量深度，确保探头和相关填料埋设深度及厚度符合设计要求；

d) 勘探孔钻至预定深度后，应清理孔内固体废物、校正孔深，按先后顺序将管材逐根丈量、排列、编号，确保探头安装位置准确无误。

8.2.5 土壤气监测井成井应符合下列要求：

a) 当采用空气回转钻探或超声回转钻探等对土壤扰动相对较大的方式钻孔时，监测井成井后应排除钻探过程中引入的空气，使各探头周围土壤气恢复自然平衡状态；

b) 监测井成井至正式采样前，应有足够的平衡时间，使探头周围的土壤气恢复自然平衡状态。其中，采用直推式钻探方式建设的监测井，平衡时间应不少于 2h，冲击钻探方式建设的监测井平衡时间应不少于 48h。

8.2.6 土壤气监测井建设完毕需进行气密性测试，并应符合下列要求：

a) 所有浅层土壤气监测井（即土壤气探头埋深不大于 1.5m）均应进行气密性测试；

b) 深层监测井可选择部分进行测试，测试比例不应低于 10%；

c) 气密性测试过程中相关参数应进行详细记录。

具体的气密性测试方法及步骤可参考 DB11/T 656。

9 环境保护与职业健康防护

9.1 一般要求

9.1.1 勘探工作应做好污染地块勘探全过程的环境保护与职业健康防护工作。勘探前进行方案策划时，应根据已获得的地块资料，编写环境保护与职业健康防护及应急计划。

9.1.2 勘探过程应严格遵守 AQ2004 要求进行各项工作；冲洗液循环池应做好防渗措施，同

时统一收集废水、废液、泥浆、生活垃圾等并妥善处理，做好噪声防护工作；采取妥善措施防止大气、地表水、地下水、土壤污染等；为现场人员配备相应等级的个人防护装备。

9.1.3 勘探过程中若不慎揭穿隔水层造成相邻含水层混层污染，应立即停钻，采用低渗透、无污染材料回填钻孔底部至隔水层部分，再进行建井，或进行全孔回填、封孔。

9.1.4 勘探退场时，若无特殊要求，应恢复地块原有地貌，并妥善处理相关固体废物。

9.2 准备工作

9.2.1 应根据地块潜在污染物性质、污染扩散途径、对人体和环境的影响、勘探方法等，确定人员防护等级类别、准备人员健康安全防护用品、急救药品等，做好个人安全防护准备。

9.2.2 应通过资料调研、现场踏勘等确定地块内和边界区域地下管线、地下构筑物、污染源种类及分布情况，并确定地块外 50~100m 范围内学校、居民区等敏感点分布、高压线塔和高压线等分布情况。

9.2.3 应尽可能详细地收集地块所在区域的水文地质资料，防止因不了解水文地质条件等而钻穿未污染的含水层顶板造成二次污染。

9.2.4 应根据地块潜在污染物特性、迁移途径等，准备现场快速检测设备、潜在污染物应急处理设备和材料。

9.3 现场实施阶段的环境保护与职业健康防护

9.3.1 大气环境保护应符合下列要求：

a) 若污染地块潜在污染物为挥发性有毒有害物质、爆炸性气体或有异味，应避免采用槽探方法；在建井阶段，应对建井产生的土、浆液等进行密闭保存，防止污染大气；

b) 4 级以上大风天气，宜停止槽探；

c) 应及时采取妥善措施对槽探产生的土、建井用填料、密封用材料等进行合理覆盖，避免扬尘；

d) 应选用符合国家卫生防护标准要求的勘探设备，确保其废气排放符合相关标准。

9.3.2 地表水环境保护应符合下列要求：

a) 应尽量避免在环境敏感的河流、湖泊、水库、饮用水源地附近区域开展勘探工作；应优先选择有完善污染控制措施的区域，避免施工活动对地表水造成污染；

b) 野外施工营地生活污水应集中收集、处理；

c) 现场禁止采用含磷或会产生二次污染的清洗剂;

d) 勘探现场产生的机械废液、循环系统废液、泥浆、洗井废水、清洗废水等,应收集并集中存放在经过防渗处理的设施或容器中,并采取妥善的措施进行处理或者外送专业机构进行处理,禁止废液落地或直接排放到市政排水管网或地表水系;

e) 遇到降雨天气,应采用防雨布对槽探或建井过程产生的土进行覆盖,防止其中的污染物随雨水扩散到地表水系。

9.3.3 地下水环境保护应符合下列要求:

a) 尽量避免在地下水环境敏感区进行勘探工作;

b) 若缺少地块水文地质资料,宜先调查地下水的分布与补给条件,再开展勘探工作,避免勘探过程造成污染向其他含水层转移;

c) 当勘探区域内有多个含水层时,应根据水文地质情况确定监测井结构,并在勘探时及时进行止水,所用止水材料不应造成二次污染;

d) 勘探施工过程中产生的土应妥善收集并放置在具有防渗功能的材料上,禁止直接堆放在地面上;

e) 对于勘探过程产生的槽、孔、井等可与地下连通的结构,若无特殊要求或用途,应及时采取防渗漏措施,包括但不限于采用无污染、低渗透性的材料进行回填、封孔等,并进行标记和记录;

f) 对于需要保留的水井、土孔等,应采取妥善的措施对地表部分进行良好的封闭,防止废水沿水井或钻孔孔壁缝隙渗入并进入地下水;

g) 勘探过程尽量减少冲洗液的使用;若必须使用,应采用不含磷、对地块无污染、对潜在污染物无影响的冲洗液;

h) 严禁将施工现场产生的废水、废液、泥浆等喷洒到勘探现场或回灌到现场的槽、孔、井中。

9.3.4 声环境保护应符合下列要求:

a) 合理安排高噪声勘探设备的工作时间,避免对周围敏感点造成影响;

b) 勘探现场噪声等效声级昼间超过 70dB 或夜间超过 60dB,并对周围居民生活产生影响时,应采取减噪措施。

9.3.5 固体废物环境保护应符合下列要求:

a) 现场产生的固体废物要分类收集、分类集中存放,尽量回收可再利用的固体废物,

严禁随意丢弃；

b) 产生的生活垃圾应分类收集、集中存放，禁止将生活垃圾与现场其他可能受到污染的固体废物混合堆放或处置；

c) 固体废物的临时堆放应有防尘、防渗、防雨等措施，并符合相关标准要求；

d) 应尽量减少固体废物在勘探地块的堆存和处置时间，减少产生环境污染的风险；

e) 勘探阶段，严禁随意将现场固体废物运出场地，固体废物出场应有明确的记录，包括但不限于固体废物来源、数量、处置单位等信息。

9.3.6 职业健康安全管理应符合下列要求：

a) 勘探施工企业应明确管理组织机构形式，确定关键岗位职责，确保安全生产；

b) 勘探施工企业应强化安全、环保、职业健康培训；

c) 开工前应进行安全、环保、个人防护技术交底；

d) 勘探施工区域应设置警戒线，防止无关人员进入；

e) 禁止在勘探现场住宿、饮食、抽烟；

f) 应根据污染地块潜在污染物、勘探方法等为现场人员提供必要的个人安全和职业健康防护用品，并按规定穿戴相关的防护用品；

g) 现场应视污染情况配备便携式紧急洗眼器、氧气呼吸器、医药包等物品；

h) 在异味严重、污染严重的区域进行勘探时，宜每3~4小时更换一批现场人员；

i) 现场发现未知液体、固废时，应先采用便携式设备判断其污染性质；无法判断时，应请专业机构进行处理，禁止冒险处理。

9.4 地块恢复与退场阶段的环境保护与职业健康防护

9.4.1 勘探结束后，如无特殊需求，应尽可能恢复地块原有地貌，对于勘探产生的槽、孔等，应尽快进行压实回填或封孔，对钻孔应采用低渗透性环保材料，对探槽可采用原土或低渗透性环保材料；并进行标记和记录，内容包括但不限于位置、深度、所用材料等。

9.4.2 勘探过程建设的监测井、抽水井等，若后期不再继续使用，应及时采用低渗透、无污染的材料进行封填，封填过程应及时取出井管材料。

9.4.3 应在场内对勘探设备如履带、轮胎、钻头等着土的土进行清扫，再退场。

9.4.4 对于长期在污染地块内从事勘探工作的人员，宜每年至少进行一次职业病检查。

9.5 应急处置

9.5.1 应根据国家有关危险物质使用及健康安全等相关法规制定现场人员安全防护计划和应急措施。

9.5.2 勘探过程中发生或发现危险物质泄露、中毒或窒息等突发事件时，应立即组织人员安全撤离现场，启动突发环境事件应急预案，采取切断或者控制污染源以及其他防止危害扩大的必要措施，并按规定向相关部门和人员报告。

10 勘探成果资料整理

10.1 污染地块勘探原始资料应经过整理、检查和分析，确认无误后方可使用。

10.2 污染地块勘探成果应数据准确、资料完整、分析评价合理。

10.3 污染地块勘探除应进行勘探现场记录外，勘探成果还应满足下列要求：

- a) 地球物理勘探成果宜包含测线及测孔布置图、典型实测曲线、等值线图、剖面图、平面图、平面异常分布图、解释成果图等；
- b) 钻探成果应包括勘探点坐标与高程数据、钻孔柱状图、剖面图、岩土芯样及岩芯照片，其中剖面图根据需要提供工程地质、水文地质剖面图；
- c) 槽探成果应包括探槽位置与标高、柱状图及展开图等；
- d) 静力触探成果应包括测试布置图及测试成果等；
- e) 监测井成果应包括地下水、土壤气监测井结构图、地下水或土壤气监测统计资料。

附录A
(规范性附录)
现场记录表式

表 A.1 勘探记录表

项目信息		工程编号	工程名称							
		地点								
钻孔信息		钻孔编号	开孔日期			钻孔坐标	X			
		钻机类型	结孔日期				Y			
		初见水位	(m)	静止水位			(m)	量测时间		
钻进深度 (m)	变层深度 (m)	柱状图	野外描述			钻进强度	套管长度 钻头种类	土样		
			地层及地下水描述	污染特征描述				样品编号	采样深度 (m)	现场检测

施工单位：
 钻探机长：记录员：检查人：工程负责人：

注：地层及地下水描述、污染特征描述内容参照第 5.2、5.3 节内容。

表 A. 2 地下水监测井结构信息记录表

项目信息	工程编号		工程名称	
	地点			
基本信息	井编号		建井日期	
	井顶管标高 ^[1]		井坐标 ^[2]	X Y
	地下水埋深		量测时间	
监测井结构信息		监测井结构示意图		
井台类型				
A. 钻井深度	地表下_____至_____m			
B. 井孔直径	_____mm			
监测井结构				
C. 井壁管总长	_____m			
井管型号				
距地表高度	地表上_____m			
D. 井管直径	_____mm			
E. 过滤管总长	_____m			
过滤管型号				
开筛区间	井顶下_____至_____m			
筛孔尺寸				
F. 沉淀管	地表下_____至_____m			
沉淀管型号				
G. 井底封	地表下_____至_____m			
井底封材质				
H. 主要滤料层	地表下_____至_____m			
滤料类型				
滤料粒径				
I. 次要滤料层	地表下_____至_____m			
滤料粒径				
J. 主要止水层	地表下_____至_____m			
止水材料类型				
K. 回填材料层	地表下_____至_____m			
回填材料类型				
L. 监测井井深	井顶下_____m			
备注				
[1]高程系统: [2]平面坐标系: 施工单位: 施工人员: 工程负责人:				

附录B
(规范性附录)
岩土分类

表 B.1 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒质量超过总质量 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%
角砾	棱角形为主	

注：定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

表 B.2 砂土分类

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量 25~50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50%

注：定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

附录C
(资料性附录)
岩土现场鉴别

表 C.1 黏性土、粉土的现场鉴别

鉴别方法和特征	黏土	粉质黏土	粉土
湿润时用刀切	切面非常光滑，刀刃有黏腻的阻力	稍有光滑面，切面规则	无光滑面，切面较粗糙
用手捻摸的感觉	捻摸湿土有滑腻感，当水分较大时极易黏手，感觉不到有颗粒的存在	仔细捻摸感觉到有少量细颗粒，稍有滑腻感，有黏滞感	感觉有细颗粒存在或感觉粗糙，有轻微黏滞感或无黏滞感
黏着程度	湿土极易黏着物体（包括金属与玻璃），干燥后不易剥去，用水反复洗才能去掉	能黏着物体，干燥后容易剥掉	一般不黏着物体，干后极易剥掉
湿土搓条情况	能搓成小于 0.5mm 的土条，手持一端不致断裂	能搓成 0.5~2mm 的土条	能搓成 2~3mm 的土条
干土的性质	坚硬，类似陶器碎片，用锤击能打碎，不易击成粉末	用锤易击碎，用手难捏碎	用手易捏碎
摇震反应	无	无	有
光泽反应	有光泽	稍有光泽	无
干强度	高	中等	低
韧性	高	中等	低

注：对于可能污染的岩土，不得直接与皮肤接触。

表 C.2 砂土的现场鉴别

鉴别特征	砾砂	粗砂	中砂	细砂	粉砂
颗粒粗细	约有 1/4 以上颗粒大于 2mm	约有一半以上颗粒大于 0.5mm	约有一半以上颗粒大于 0.25mm	大部分颗粒大于 0.075mm	大部分颗粒大于 0.075mm
干燥时的状态	颗粒完全分散	颗粒完全分散，个别胶结	颗粒基本分散，部分胶结，胶结部分一碰即散	颗粒大部分分散，少量胶结，胶结部分稍加碰撞即散	颗粒少部分分散，大部分胶结（稍加压即能分散）
湿润时用手拍后的状态	表面无变化	表面无变化	表面偶有水印	表面有水印及翻浆现象	表面有显著翻浆现象
黏着程度	无黏着感	无黏着感	无黏着感	偶有轻微黏着感	有轻微黏着感

表 C.3 新近沉积土的现场鉴别

沉积环境	颜色	结构性	含有物
河漫滩、山前洪、冲积肩（锥）的表层，古河道，已填塞的湖、塘、沟、谷和河道泛滥区	较深而暗，呈褐、暗黄或灰色，含有机质较多时带灰黑色	结构性差，用手扰动原状土时极易变软，塑性较低的土还有振动水析现象	在完整的剖面中无粒状结核体，但有可能含有圆形及亚圆形钙质结合体（如姜石）或贝壳等，在城镇附近可能含少量碎砖、瓦片、陶瓷、铜币或朽木等人类活动遗留物

表 C.4 土按有机质含量的现场鉴别

分类名称	有机质含量 W_u	现场鉴别特征
无机土	$W_u < 5\%$	—
有机质土	$5\% \leq W_u \leq 10\%$	深灰色，有光泽，味臭，除腐殖质外尚含少量未完全分解的动植物体，浸水后水面出现气泡，干燥后体积收缩
泥炭质土	$10\% < W_u \leq 60\%$	深灰或黑色，有腥臭味，能看到未完全分解的植物结构，浸水体胀，易崩解，有植物残渣浮于水中，干缩现象明显
泥炭	$W_u > 60\%$	除有泥炭质土特征外，结构松散，土质很轻，暗无光泽，干缩现象极为明显

附录D
(资料性附录)
直接推进技术

D.1 直接推进土壤取样器

直接推进土壤取样器可采用开放式取样器和封闭式取样器。开放式取样器有筒式取样器、对开式取样器和薄壁(谢尔比管)取样器,在到达目标取样深度的过程中一直保持开口状态;封闭式(活塞式)取样器在到达目标取样深度的过程中一直保持封闭状态。不同类型土壤取样器特点见表 D.1, 取样过程见图 D.1、D.2。

表 D. 1 直接推进技术土壤取样器类型

土壤取样器类型		特点
开放式	筒式取样器	由接头、取土管和管靴组成, 取样器接头与直接推进钻杆连接。筒式取样器可以与土壤样品保护膜一起使用, 保证取样质量。见图 D.1 示意。
	对开式取样器	与筒式取样器类似, 不同的是在取样桶长度方向上, 对开式取样器可以对开, 这样便于取样器打开、样品取出。对开式取样器最大的优点是可以直接观察岩芯, 而不必配套使用土样保护膜, 也不必对岩芯进行推压。
	薄壁取样器 (谢尔比管)	外壁由厚度很小的钢材制造, 具有锋利的切割边缘。一般应用于直接推进钻探和中空螺旋钻探采取原状土壤样品。
封闭式(活塞式)		与开放式土壤取样器相似, 不同的是取样器下端开口处被带有尖头的活塞严密封闭, 防止钻进过程中土壤进入取样器。当封闭式土壤取样器到达预定深度后, 可以通过解锁活塞, 推进取样器使土壤进入取样器中。见图 D.2 示意。

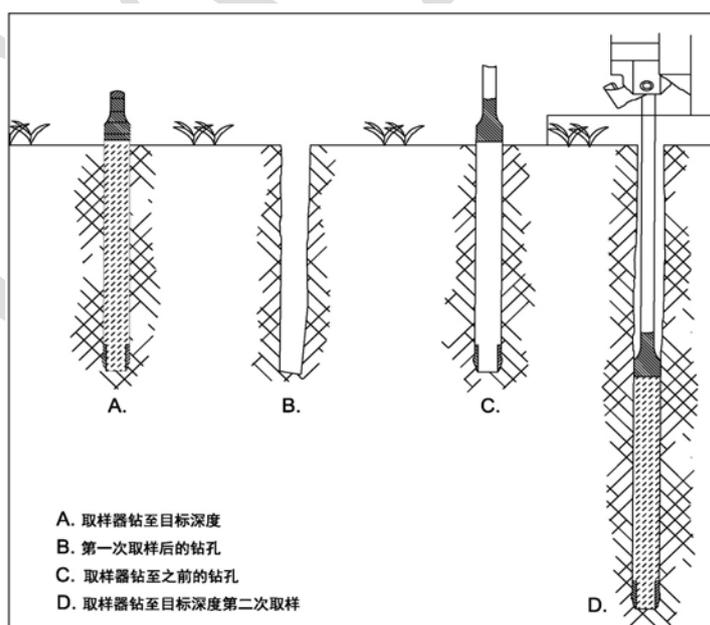


图 D. 1 筒式取样器取样过程示意

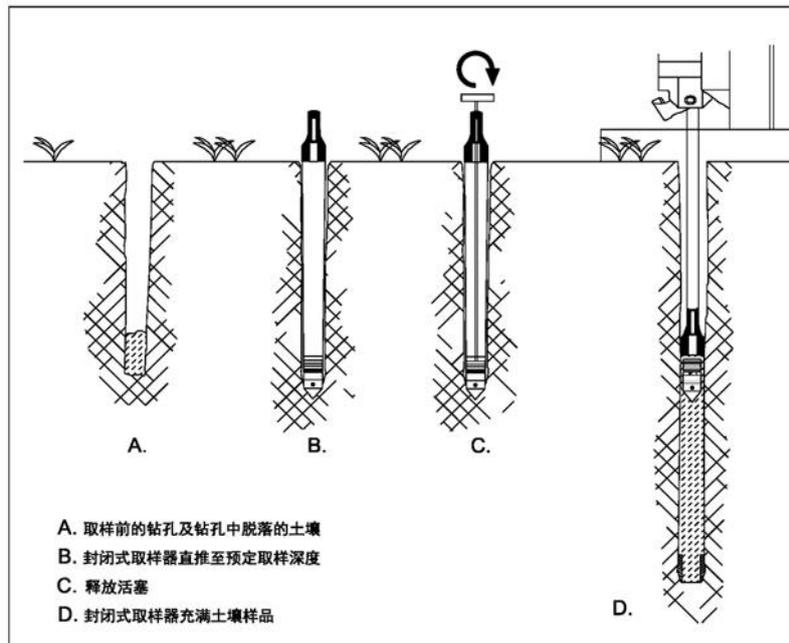


图 D. 2 封闭式取样器取样过程示意

D.2 直接推进地下水取样器

直接推进地下水取样器包括过滤器开放式取样器、过滤器封闭式取样器和地下水连续取样器。不同类型地下水取样器特点见表 D.2，取样器样式见图 D.3~D.5。

表 D. 2 直接推进地下水取样器类型

地下水取样器		特点
临时取样器	过滤器开放式取样器	<p>一般由使地下水流入的过滤器和用于地下水样品取出的升流管组成。实际操作过程中，将过滤器开放式取样器贯入地下预定的取样深度，然后通过取水桶或者管式泵采取地下水样品。见图 D.3 示意。</p> <p>优点：可以在不拔出钻杆的情况下采取多级地下水样品。</p> <p>缺点：在粉土或黏性土层中采取地下水样品时，或者地下水中悬浮物含量较高时，可能导致取样器过滤器堵塞。</p>
	过滤器封闭式取样器	<p>一般由外套管保护的过滤器组成，外套管由驱动杆、驱动头和一次性钻头组成。操作开始的时候整套取样设备被贯入至预定位置，同时过滤器室为密闭状态，橡胶密封圈可以避免液体进入过滤器内，以保证取样质量。在到达取样位置时，外套管缩回，以使过滤器进入含水层中并取样。见图 D.4 示意。</p> <p>优点：只有在到达目标深度时才打开过滤器室，将过滤器暴露于含水层，这将减小堵塞过滤器的可能；密封圈也可以避免交叉污染。见图 D.4 示意。</p> <p>缺点：在地下水进入取样器的过程开始时，由于压差较大，导致地下水流入速度较大，造成地下水样品浑浊；由于过滤器封闭式取样器直径较小，提升采取的样品量也是比较困难的。</p>

地下水取样器	特点
地下水连续取样器	<p>和过滤器开放式取样器类似，地下水连续取样器也具有使地下水进入的取样口或者过滤器。取样器到达取样深度后，通过探杆敲落一次性钻头，之后通过蠕动泵或者放置于过滤器内的小直径泵采取地下水样品。采取地下水样品后，可以将取样器推进至下一深度。可以将较小体积的水量注入过滤器，使过滤器保持正压，防止取样孔堵塞。见图 D.5 示意。</p> <p>优点：可以在不拔出钻杆的情况下快速、高效采取多级地下水样品；通过泵入取样器少量水可以减少取样器堵塞的情况发生。</p> <p>缺点：即使采用较低的压力向过滤器泵入水量，仍可能导致该部分水进入地层；当另一个地下水样品取出时，由于取样器中一定量水的泵入，干净的水会和地层中的水混合，导致检测结果数值偏低；由于取样器直径小，将造成增加单次取样量有一定难度。</p>

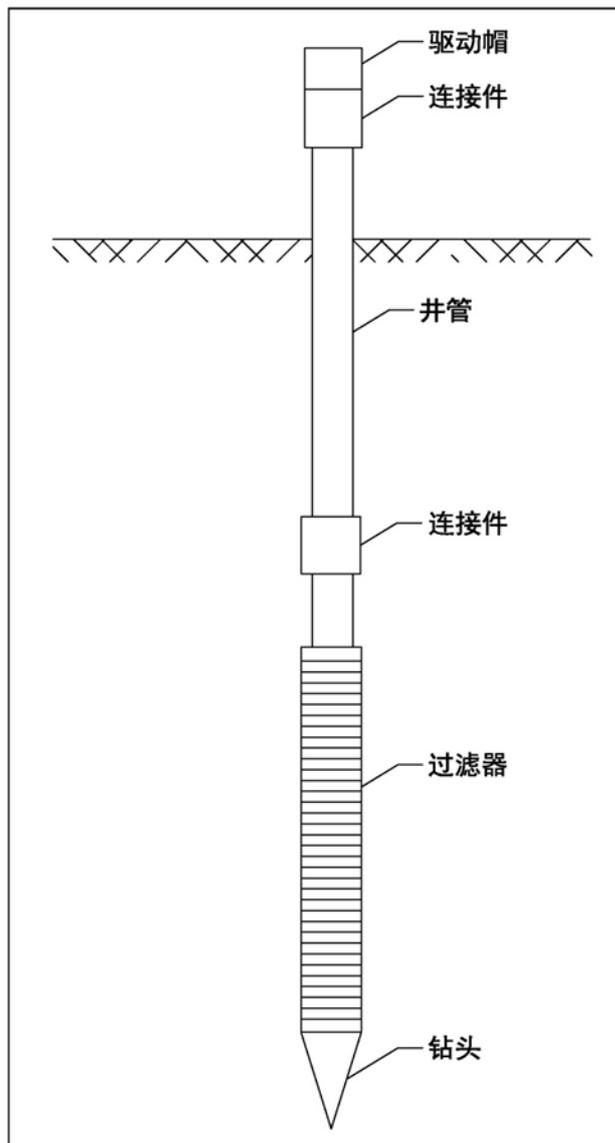


图 D.3 过滤器开放式取样器

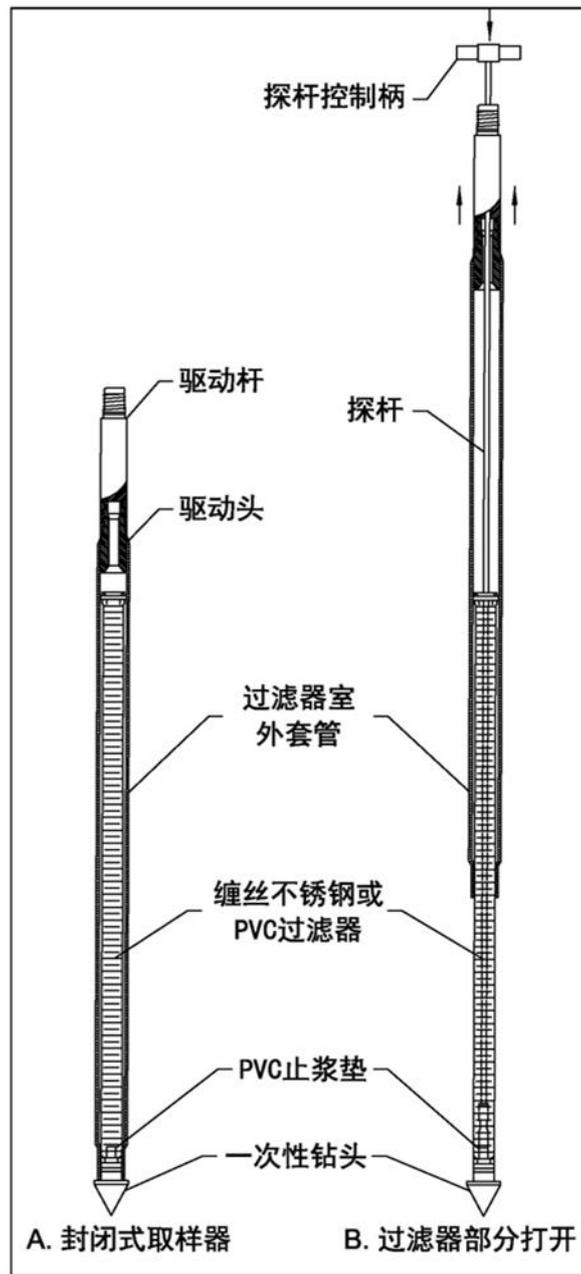


图 D. 4 过滤器封闭式取样器

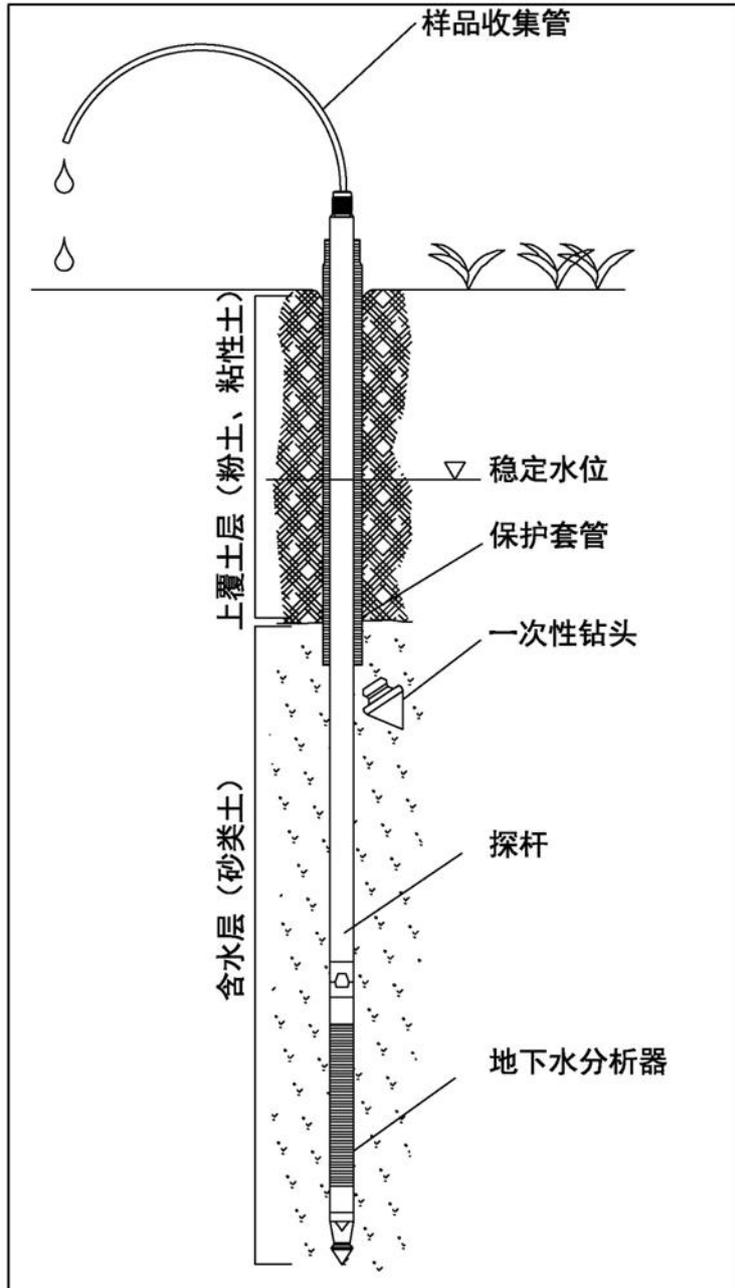
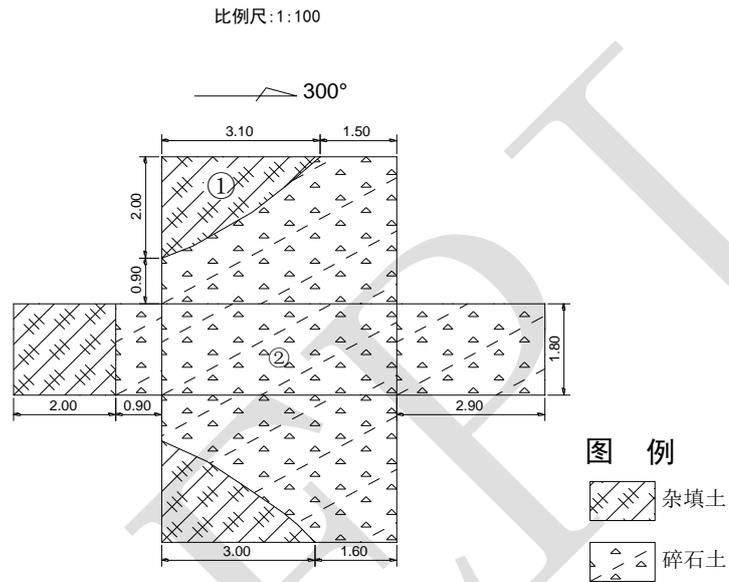


图 D. 5 地下水连续取样器

附录E
(资料性附录)
槽探成果图式

E.1 绘制探槽剖面展开图式应以底面为中心，将四个侧面分别按上、下、左、右展开，并应标识方向标、比例尺、图例等。



描述:

- ① 杂填土: 深褐色, 稍湿, 可塑, 粉质粘土为主, 含碎石、有机肥等, 碎石块径3~8cm, 含量20%, 稍密。
- ② 碎石土: 黄褐色, 稍湿, 中密, 中粗砂充填, 夹块石, 一般块径3~15cm, 最大块径0.5m。

图 E.1 探槽剖面展开图式

附录F
(资料性附录)
静力触探技术

应用于污染地块勘探的静力触探测试技术主要有电阻率孔压静力触探 (RCPTU)、时域反射测试 (TDR) 和薄膜界面探测仪 (MIP)。

F.1 电阻率孔压静力触探 (RCPTU)

土或岩石的电阻率取决于孔隙率、含水量、温度、物质组成、孔隙水的盐分与含盐度、颗粒分布和颗粒形状与排列特征等。每种土类都包含固有的电阻率，其变异意味着土壤可能受到了污染，即可以通过比较土体中污染水电阻率与其有相似物理性质的未受污染土体中的水电阻率之间的差异判断地下水污染的基本特征。电阻率孔压静力触探探头结构如图 F.1 所示。

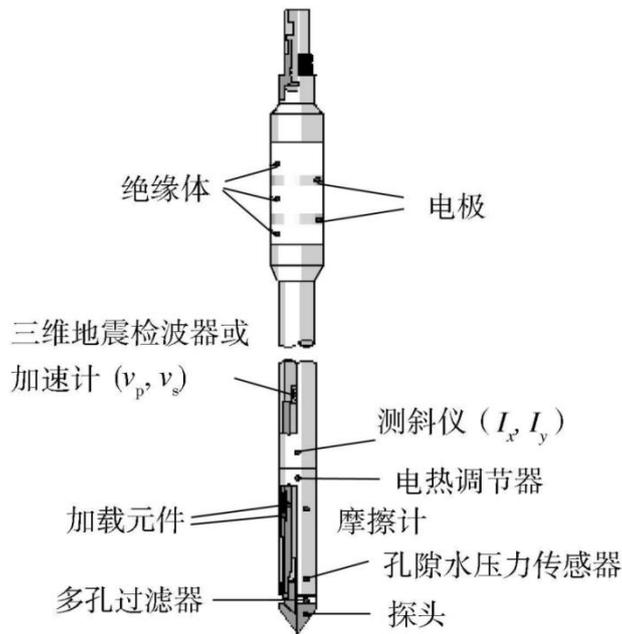


图 F.1 电阻率孔压静力触探探头

典型地块地下水位以下土的体积电阻率测试值和相应的孔隙液电阻率的测试参数见表 F.1。

表 F.1 典型地块的电阻率参数

土壤与地下水类型	体积电阻率 $\rho_b / (\Omega \cdot m)$	流体电阻率 $\rho_f / (\Omega \cdot m)$
受盐水入侵影响的三角洲砂土	2	0.5
来自于砂土层中的饮用水	50	15
典型的垃圾渗滤液	1~30	0.5~10
尾矿（贱金属）和氧化硫化物沥出液	0.01~20	0.005~15
无氧化物硫化物沥出液的尾矿（贱金属）	20~100	15~50
砷污染砂砾土	1~10	0.5~4
工业地块的无机污染砂土	0.5~1.5	0.3~0.5
工业地块的碳酸污染淤泥土和砂土	200~1000	75~450
工业地块的木材腐烂类污染的黏质粉土	300~600	80~200

F.2 时域反射测试（TDR）

时域反射测试探头（TDR）是在传统静力触探仪的探杆与摩擦桶间安装时域反射测试探头。利用 TDR 探头能同时测得介质的介电常数和电导率（电阻率倒数），其中介电常数可较好的表征污染土 NAPL 的含量。首先由静力触探仪探头测得的锥尖阻力和侧摩阻力对地层中饱和砂类土层以及密实度进行鉴别，然后用介电常数表征 NAPL 污染物的含量，最后通过电导率与含水率的相关关系对表征结果予以校验。

F.3 薄膜界面探测器（MIP）

薄膜界面探测器（Membrane Interface Probe，简称 MIP）是一种原位测试工具，主要由土壤电导率装置、加热部件和半透膜等组成，如图 F.2 所示。

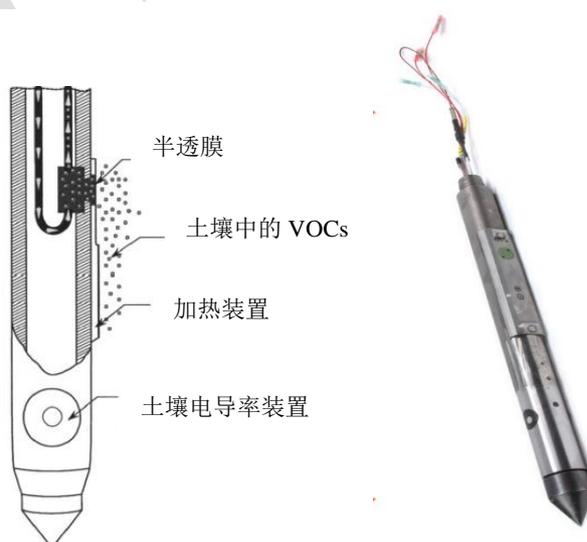


图 F.2 薄膜界面探测器（MIP）

附录G
 (资料性附录)
 监测井结构图

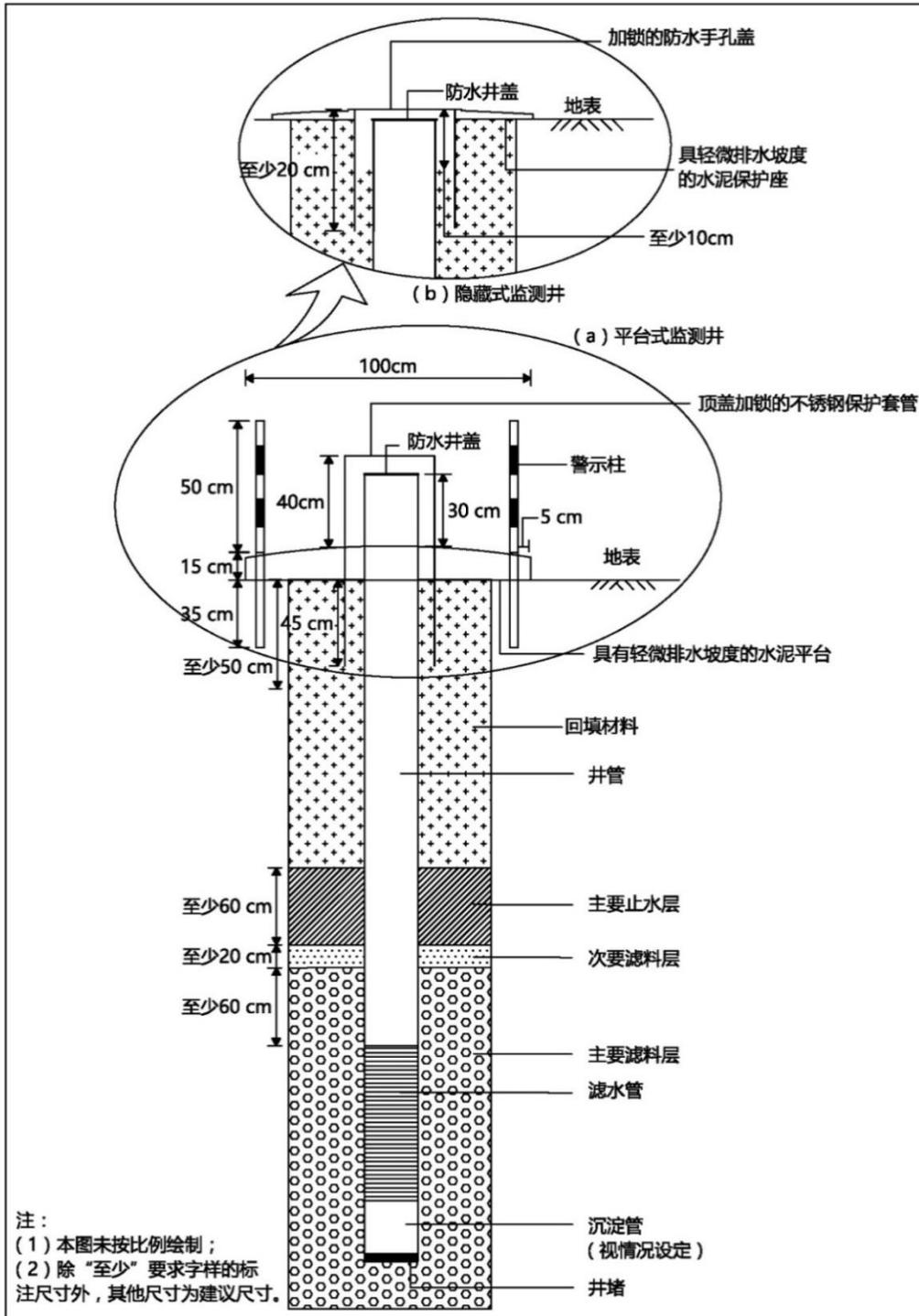


图 G.1 地下水监测井结构示意图

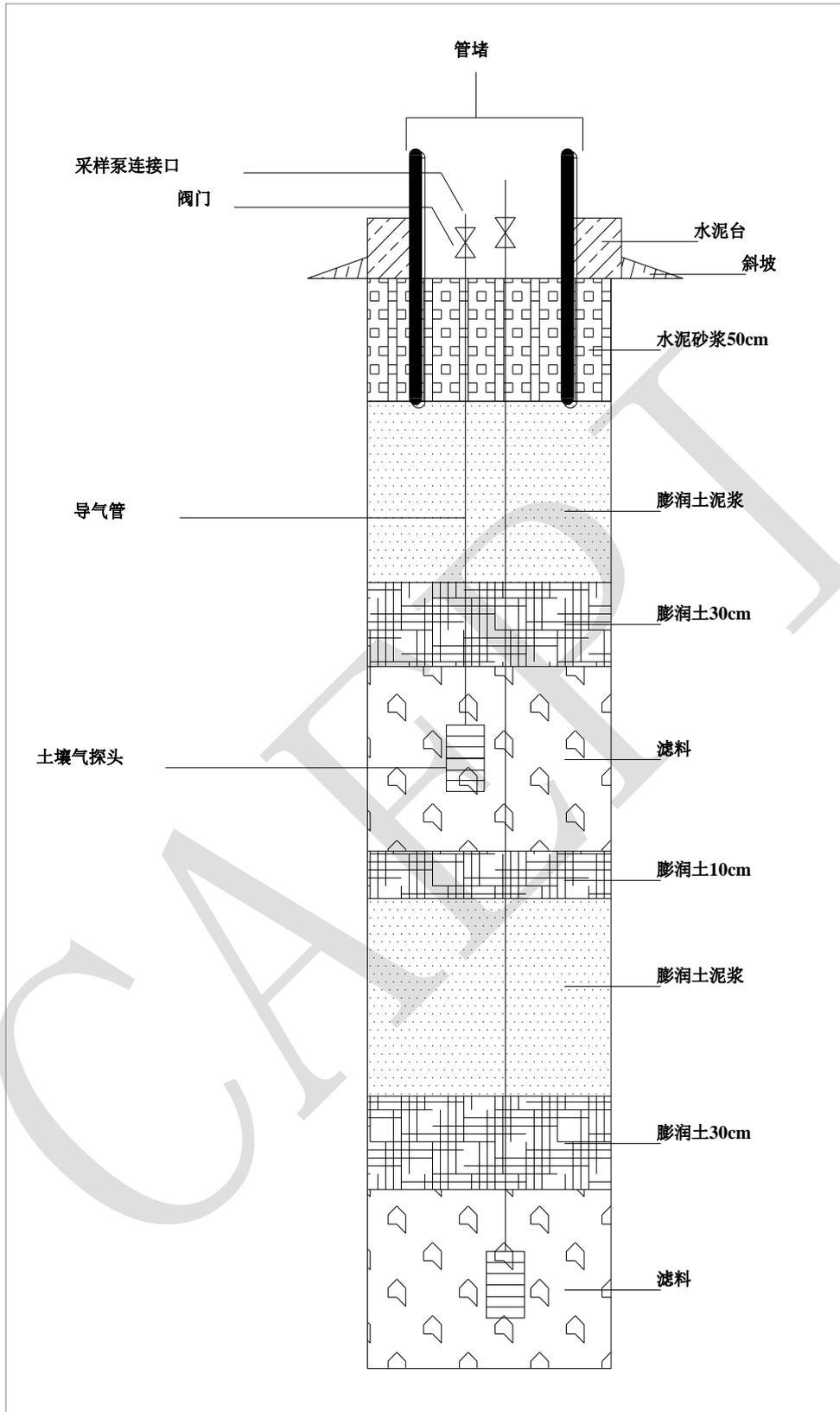


图 G.2 土壤气监测井结构示意图