

----天津市团体标准

## 天津市污染场地勘察技术规程

《天津市污染场地勘察技术规程》编制组

2024年7月

## 前言

根据天津市勘察设计协会2023年2月1日《关于征集天津市勘察设计协会团体标准的通知》（津设协〔2023〕第2号）的要求，天津市勘察设计院集团有限公司会同相关单位经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准和应用研究成果，在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分8章和10个附录，主要技术内容包括：1.总则；2.术语及符号；3.勘察基本要求；4.调查与测绘；5.勘探、建井和采样；6.现场测试；7.室内试验；8.成果报告。

本规程由天津市勘察设计协会归口管理，天津市勘察设计院集团有限公司负责具体技术内容解释工作。

本规程在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，如发现需要修改和补充之处，请将意见和建议寄至天津市勘察设计院集团有限公司（地址：天津市南开区红旗南路428号，邮政编码：300191，Email：tigis@tj.gov.cn）。

本规程主编单位：

本规程参编单位：

本规程主要起草人：

本规程主要审查人：

# 目 录

1 总则.....	1
2 术语及符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 勘察基本要求.....	6
3.1 一般规定.....	6
3.2 初步勘察.....	7
3.3 详细勘察.....	9
4 调查与测绘.....	11
4.1 调查.....	11
4.2 测绘.....	12
5 勘探、建井和采样.....	14
5.1 一般规定.....	14
5.2 钻探.....	14
5.3 监测井设计与施工.....	15
5.4 采样.....	16
6 现场测试.....	20
6.1 一般规定.....	20
6.2 现场快速测试.....	20
6.3 水文地质参数原位测试.....	21
6.4 电阻率静力触探测试.....	21
6.5 工程物探测试.....	22
7 室内试验.....	24
7.1 一般规定.....	24
7.2 物理力学性质试验.....	24
7.3 岩土和水的环境质量分析试验.....	25
7.4 岩土和水的腐蚀性试验.....	26
7.5 固体废物鉴别.....	26

7.6 气样化学分析试验.....	26
8 成果报告.....	28
8.1 一般规定.....	28
8.2 岩土工程评价.....	28
8.3 环境评价.....	29
8.4 报告内容.....	29
附录 A 环境水文地质条件复杂程度分级.....	31
附录 B 资料收集.....	32
附录 C 踏勘记录.....	33
附录 D 人员访谈记录表.....	34
附录 E 钻探野外记录表.....	36
附录 F 地下水监测井建设要求.....	37
附录 G 样品保存方法.....	39
附录 H 地下水采样记录表.....	42
附录 I 土壤现场快速检测记录表.....	43
附录 J 水文地质参数测定方法及成果应用.....	44
本规程用词说明.....	71
引用标准名录.....	72

# 1 总则

1.0.1 为了在疑似污染场地岩土工程勘察工作中贯彻执行国家有关工程技术与环境管理政策，做到技术先进合理，保护生态环境与人体健康，保证工程经济安全，根据天津市工程地质与水文地质条件及污染源分布的特点，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于天津市疑似污染的拟建场地以及土壤污染风险管控和修复工作的勘察，不适用于放射性污染和致病性生物污染场地的勘察。

1.0.3 污染场地勘察应查明工程地质与水文地质条件、污染现状，提供资料完整、数据真实、评价正确、建议合理的勘察报告。

1.0.4 污染场地勘察除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准和天津市地方标准的相关规定。

## 2 术语及符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 疑似污染场地 suspected contaminated site

指因从事过生产、经营、处理、储存有毒有害物质，堆放或处理过潜在危险废物，以及从事矿山开采等活动可能造成污染，且对人体健康或生态环境构成潜在风险的场地。

#### 2.1.2 疑似污染场地勘察 investigation of contaminated site

针对疑似污染建设场地，采用各种勘察、土壤污染状况调查技术与方法，查明并分析评价建设场地的工程地质、水文地质条件与环境污染特征，编制勘察文件的活动。

#### 2.1.3 环境水文地质条件 environmental hydrogeological condition

场地水文地质要素与环境要素的综合，包括场地一定深度范围的地层分布及其渗透性，地下水的类型、埋藏条件及补给、径流与排泄条件，污染源分布及其类型，岩土和地下水污染物种类、污染程度和范围、污染途径等。

#### 2.1.4 勘探取样点 exploration point for sampling

为查明地层结构、土壤环境现状而布设的勘探点，兼具采集土壤样品功能。

#### 2.1.5 地下水监测井 monitoring well of groundwater

为准确把握污染场地地下水水位、环境质量和地下水体中污染物的动态变化情况而设立的井。

#### 2.1.6 土壤环境对照值 Soil environment control value

指基于对照点土壤环境含量的统计值。土壤对照点数据是指在相同地理位置、土地利用和土壤类型的背景下，采集的未经污染的土壤样本的分析数据。

#### 2.1.7 土壤污染风险筛选值 risk screening values for soil contamination

指在特定土地利用方式下，场地土壤中污染物含量等于或者低于该值的，对人体健康的风险可以忽略；超过该值的，对人体健康可能存在风险，应当开展进一步的详细调查和风险评估，确定具体污染范围和风险水平。

#### 2.1.8 土壤污染风险管控和修复 risk control and remediation of soil contamination

土壤污染风险管控和修复包括土壤污染状况调查和土壤污染风险评估、风险管控、修复、风险管控效果评估、修复效果评估、后期管理等活动。

#### 2.1.9 固体废物 solid wastes

是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质，以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。

#### **2.1.10 水文地质参数 hydrogeological parameters**

表征地层水文地质特征的数量指标，包括地下水位、地下水流速、渗透系数、影响半径、给水度、释水系数、越流系数、弥散系数等。

#### **2.1.11 钻孔注水试验 water injection test in borehole**

通过钻孔向试段注水，以确定岩土层渗透系数的原位试验方法。可分为钻孔常水头注水试验和钻孔降水头注水试验。

#### **2.1.12 钻孔抽水试验 pumping test in borehole**

从钻孔中抽水并根据其出水量与降深的关系，确定含水层渗透性及了解相关水文地质条件的一种原位试验方法。

#### **2.1.13 稳定流抽水试验 steadyflow pumping test**

抽水过程中，要求出水量和动水位同时出现相对稳定，并延续一定时间的抽水试验。

#### **2.1.14 非稳定流抽水试验 unsteadyflow pumping test**

抽水过程中，保持出水量固定，观测动水位变化；或保持降深固定，观测出水量变化的抽水试验。

#### **2.1.15 工程特性指标变化率 rate of change of engineering characteristic index**

指污染前后工程特性指标的差值与污染前指标之百分比。

#### **2.1.16 不确定性分析 uncertainty analysis**

列出并分析调查过程中遇到的限制条件和欠缺信息，及对调查工作和结果的影响。

## **2.2 符号**

L--质点迁移距离；

$\alpha$ ---变化系数， $\alpha \geq 1$ ；

K--含水层渗透系数；

I--水力坡度，无量纲；

T--质点迁移天数；

$n_e$ ---有效孔隙度，无量纲；

$C_h$ ---水平向固结系数；

$H_t$ --降水头注水试验在试验时间  $t$  时的试验水头；

$H_0$ --降水头注水试验的初始水头；

$t$ --时间；

$T_0$ --在钻孔降水头注水试验曲线上， $\ln(H_t/H_0) = 0.37$  所对应的时间；

$Q$ --双环试验内环的注入流量；抽水试验抽水井出水量；

$A$ --双环试验内环底面积；

$Z$ --双环渗水内环试验水头；

$H_k$ --双环试验试验土层的毛细上升高度，以水柱高表示；

$L_k$ --从试坑底算起的渗入深度；

$C_u$ --含水层砂、土颗粒级配的不均匀系数；

$D_{50}$ --填砾过滤器滤料中，过筛砾料质量百分数为 50% 的滤料颗粒的最大粒径；

$d_{50}$ --含水层砂、土样颗粒分析试验中，过筛土粒质量百分数为 50% 的颗粒的最大粒径；

$\Delta h^2$ --天然情况下潜水含水层厚度和抽水孔或观测孔孔壁处潜水含水层厚度的平方差；

$r_0$ --孔压静力触探探头半径；

$I_r$ --刚度指数；

$G_0$ --小应变剪切模量；

$S_u$ --不排水抗剪强度；

$t_{50}$ --超孔压消散达 50% 时对应的时间；

$t^*$ --相应于  $t_{50}$  的时间因数；

$K_h$ --水平向渗透系数；

$n$ --高程测量的测站数；

$k$ --高程测量的引测路线公里数；

$H_w$ --常水头钻孔注水试验固定水头高度；

$F$ --钻孔注水试验形状系数；

$l$ --为滤水管长度；

$s_1$ --承压含水层观测孔 1 水位降深；

$s_2$ --承压含水层观测孔 2 水位降深；

$r_1$ --观测孔 1 至抽水孔距离；

$r_2$ --观测孔 2 至抽水孔距离；

$h_1$ --抽水稳定后观测孔 1 处潜水含水层厚度；

$h_2$ --抽水稳定后观测孔 2 处潜水含水层厚度；

$s_w$ --抽水孔的水位降深；

$R$ --影响半径；

$\xi$ --非完整井补充阻力系数；

$r_w$ --抽水孔半径；

$H$ --潜水含水层厚度；

$M$ --承压含水层厚度；

$l_0$ --为过滤器底部至潜水静止水位的距离；

$C_0$ --为过滤器顶部至静止水位的距离。

## 3 勘察基本要求

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 污染场地岩土工程勘察主要工作内容应符合下列规定：

- 1 根据场地周围清洁土壤中污染浓度确定场地土壤环境对照值；
- 2 查明场地地层结构、含水层分布、地下水补径排条件及水位动态特征等；
- 3 调查污染源的位置、成分、性质；查明污染土分布的平面范围和深度、地下水受污染的空间范围及污染程度；分析岩土、地表水及地下水、场地气体中、底泥、堆土、固体废物污染物种类、浓度及物理化学特性；
- 4 评价污染土和水对建筑材料的腐蚀性及其对工程建设及环境的影响；
- 5 提供满足疑似污染的拟建场地以及土壤污染风险管控和修复所需的水文地质参数及岩土理化性质参数，建立环境水文地质概念模型；
- 6 分析评价场地环境和岩土工程相关问题，并提出处置建议。

**3.1.2** 污染场地勘察前，应进行资料收集，并开展现场踏勘、人员访谈等调查工作。

**3.1.3** 污染场地岩土工程勘察宜分初步勘察与详细勘察两个阶段进行。当已经判定场地存在污染且污染种类明确时，可合并勘察阶段，直接进行详细勘察。

**3.1.4** 污染场地岩土工程勘察应结合场地工程地质条件与水文地质条件、污染类型及特征，采用现场调查、勘探采样、监测、现场测试、室内试验及样品检测等综合方法，必要时可选用适宜的工程物探方法。

**3.1.5** 污染场地岩土工程勘察工作量应根据下列条件确定：

- 1 场地未来开发利用要求；
- 2 已有土壤污染状况调查、工程地质与水文地质勘察等资料；
- 3 潜在污染源分布及污染物基本特征；
- 4 风险管控、修复目标及方法；
- 5 设计技术要求；
- 6 不同勘察阶段要求。

**3.1.6** 污染场地岩土工程勘察应在掌握已有资料信息的基础上，针对污染场地特点和工程地质、水文地质条件编制勘察纲要，明确工作内容和工作方法，对勘察全过程的环境、职业健康安全进行策划与控制，避免对环境及相关人员造成风险。

## 3.2 初步勘察

3.2.1 初步勘察应在调查访问、资料收集分析的基础上，对场地污染特征及水文地质条件进行初步评价，初步划分污染区范围。

3.2.2 初步勘察应包括下列内容：

- 1 搜集区域及场地地形地貌、水文气象、地质、水文地质和环境资料；
- 2 调查场地历史背景、污染痕迹、遗留建（构）筑物及设备设施、坑塘水渠等地表水体、堆土、固体废物、周边潜在污染源等；
- 3 初步查明污染源的位置、种类及性质；
- 4 进行环境水文地质调查测绘工作，初步查明污染场地的岩土工程条件和水文地质条件；
- 5 初步查明污染土及地下水中污染物的浓度及空间分布；
- 6 初步判断场地污染途径，初步评价土壤和地下水的污染程度；
- 7 初步查明地表水内污染物种类与浓度，分析地表污染水与地下水之间的联系；
- 8 建立场地环境水文地质概念模型；
- 9 遗留问题及详细勘察应重点解决的问题。

3.2.3 初步勘察勘探点布置宜采用专业判断布点法或系统布点法，并应符合下列要求：

1 当场地面积小于等于5000m<sup>2</sup>时，场地勘探点数量不应小于3个；当场地面积大于5000m<sup>2</sup>且小于等于10000m<sup>2</sup>时，场地勘探点数量不应少于6个；当场地面积大于10000m<sup>2</sup>时，场地勘探点数量每2000m<sup>2</sup>不宜少于1个；

2 潜在污染明确的场地宜采用专业判断布点法，每个潜在污染区内布置不应少于2个勘探点。污染区中央或明显污染的部位宜加密勘探点；

3 污染分布不明确或污染分布范围大的场地宜采用系统布点法，勘探点间距宜为40m~80m，场地面积较小或环境水文地质条件复杂时宜取小值，环境水文地质复杂程度等级应按本规程附录A执行；

4 环境水文地质勘探点及地下水监测井数量不宜少于3个，监测井宜布置在潜在污染区域附近，并应沿地下水流向布设，垃圾填埋场地应有1个勘探点布置在堆填区内，存在渗滤液时，应设置渗滤液监测井；

5 应在污染场地同一水文地质单元、污染区域外上游布设对照环境水文地质勘探点及监测井不应少于1个，在污染场地外部区域设置岩土环境对照勘探点不应少于2个。

3.2.4 初步勘察的勘探点深度应符合下列要求：

- 1 应穿越有可能受污染的岩土层、含水层和潜在污染岩土层、含水层，并进入隔水层或微

透水层不小于1m；

2 当前期调查发现人类活动可能将污染物带至深部，或发现存在重质非水溶性有机物（DNAPL）污染时，勘探点的深度应适当加深；

3 垃圾堆填区内采样勘探孔应穿透垃圾堆体，且进入天然土层不小于1m；渗滤液监测井深度不应超过垃圾堆体底部边界；

4 勘探点兼具多种用途时，勘探点深度应同时满足污染场地勘探和其他目的要求确定勘探点深。

**3.2.5** 初步勘察过程中应根据场地地层岩性变化情况、污染物种类增减、浓度及污染途径改变等实际情况，及时调整勘察方法和工作量。

**3.2.6** 初步勘察应采集样品进行检测，并应符合下列要求：

1 勘探点应采取岩土样品进行潜在污染物检测。原则上应采集0~0.5m表层岩土样品，0.5m以下岩土样品根据专业判断布点法采集，0.5m~3.0m土壤采样间隔宜为1.0m，3.0m~6.0m土壤采样间隔宜为2m，不同性质土层至少采集一个岩土样品。同一性质土层厚度较大或出现明显污染痕迹时，根据实际情况在该层位增加采样点。深度6m以下黏性土及粉土采样间距宜为3m，砂类土采样间距可适当加大；全~强风化岩取1组不少于3kg岩样；

2 人工填土底部和地下水位线附近应至少采集一个土样和水样；

3 应根据含水层情况分层采取地下水样，采样深度宜在稳定水位0.5m以下。含水层厚度较大时，宜按含水层上、中、下部分别采样，采样数量不应少于3件。对可能存在轻质非水溶性有机物（LNAPL）污染的场地，应在水位线附近增加采样数量；对可能存在重质非水溶性有机物（DNAPL）污染的场地，应在含水层底部增加采样数量；

4 用于岩土的物理力学性质的采样数量与采样要求，应符合《工程勘察通用规范》（GB 55017）、《岩土工程勘察规范》（GB 50021）及《天津市岩土工程勘察规范》（DB/T29-247）的相关规定；

5 垃圾堆填区内勘探点应采集垃圾土、渗滤液和填埋气样进行检测，垃圾土、渗滤液和填埋气样品数量均不宜少于3件；

6 应在场地附近可能受场地污染影响的河流、湖泊、池塘中分别采取不少于1组地表水样进行环境质量检测。

**3.2.7** 用于污染场地土和水的腐蚀性评价的样品取样布点应根据场地污染类型及场地用途进行确定，除应符合现行标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）及《天津市岩土工程勘察规范》（DB/T29-247）的相关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 地下结构物处于地下水位以上时，应取土样作土的腐蚀性测试；
- 2 地下结构物处于地下水或地表水中时，应取水样作水的腐蚀性测试；
- 3 土样和水样应在地下结构物深度范围采取，每个场地不应少于3件。当土、地下水、地表水中污染物类型与浓度分布不均匀时，应分区、分层取样，每区、每层不应少于3件。

**3.2.8** 用于固体废物的鉴别分析样品的取样布点、取样深度应根据地块类型、详细勘察、原位试验结果、土和水的环境质量分析等综合确定，并应符合现行标准《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20）、《危险废物鉴别技术规范》（HJ 298）的相关规定。

### 3.3 详细勘察

**3.3.1** 详细勘察应在初步勘察的基础上，结合工程特点、可能采取的处理措施，针对性地布置勘察工作量，应包括下列内容：

- 1 搜集建设工程地形图、总平面图、建筑物性质、结构特点、基础形式等资料；
- 2 查明场地地形地貌、地层结构、环境水文地质条件、地下水的动态和流场特征，地表水与邻近地表水的水力联系；
- 3 查明污染源的位置、种类、性质；
- 4 查明场地污染岩土平面分布范围和深度，岩土环境背景值；
- 5 查明地下水受污染的空间范围，污染物迁移参数；
- 6 分析和判断出污染物运移规律及扩散途径，评价岩土水污染程度；
- 7 提供场地用于环境评价、污染治理修复设计与施工所需的岩土参数、水文参数和污染物组成等；
- 8 综合分析场地水文地质条件及污染特征，建立环境水文地质概念模型；
- 9 分析污染治理与土地开发、工程建设相关的环境岩土问题，并提出污染岩土、水处置建议。

**3.3.2** 详细勘察的勘探取样点平面布置，应根据初步勘察得到的污染场地分布情况，结合污染物在土层中的迁移特征和污染场地使用类型与修复方法综合确定，并应符合下列要求：

- 1 在初步划定的污染岩土区内，勘探点间距宜为20m，潜在污染岩土区勘探点间距可为40m，污染边界附近应适当加密；未被污染区布置不少于2个对照勘探点；
- 2 当场地地下水已受污染时，应布设环境水文地质勘探点和地下水监测井。环境水文地质勘探点宜按系统布点采样法，点间距不宜大于40m；地下水监测井点布置应满足查明地下水污染范围的要求，数量不应少于9个，其中污染区内地下水流向上游、两侧至少应各有1个地下水

监测井点，地下水流向下游应有2个地下水监测井点，地下水污染区外的上游、下游、两侧应各有1个地下水监测井点；污染含水层之下的含水层应至少设置1个环境水文地质勘探点和地下水监测井点；

3 垃圾堆填区存在渗滤液时，应设置渗滤液监测井点，不同类型垃圾土填埋区域宜分别布设渗滤液监测井点，数量不宜少于3个；

4 试验井点可根据风险评价和修复设计的需要，并结合监测井点布设；

5 场地内或其附近分布地表水时，每个地表水体应至少设置1个地表水监测点；

6 当场地存在冲沟或暗浜等微地貌单元、地形起伏较大、地层岩性复杂、岩土层面起伏较大时，宜适当加密勘探点；

7 当污染区域超出场地范围时，场地边界上应布设勘探点；

8 对于场地内土地使用功能不同、污染特征明显差异的场地，可分区进行点位布设。

### 3.3.3 详细勘察采样勘探点深度应符合下列规定：

1 根据初步勘察判断的污染源位置与污染物迁移特征和地层结构等确定，应穿过污染土层；

2 地下水监测井深度应根据地下水分布条件和污染特征确定，应监测可能受污染的各层地下水，深度宜达到含水层底板。监测污染层下伏含水层的地下水监测井，进入下伏含水层不应小于3m；

3 垃圾堆填区内采样勘探孔应穿透垃圾堆体，且进入天然土层不小于1m；渗滤液监测井深度不应超过垃圾堆体底部边界；

4 试验井深度应根据试验目的确定；

5 岩土工程评价的勘探孔深度应根据工程建设主体建筑（构）物的性质综合确定，应穿透污染土层并满足《岩土工程勘察规范》（GB 50021）及《天津市岩土工程勘察规范》（DB/T29-247）有关勘探孔深度的要求。

3.3.4 环境水文地质试验应根据风险评价和修复设计的需要进行，试验数量和试验类型宜根据场地的水文地质条件与污染特征确定，可按本规程附录J选择。

3.3.5 详细勘察阶段勘探孔的采样间距、检测指标应在初步勘察的基础上，根据现场实施条件及环境水文地质条件、污染特征评价的要求确定作适当调整。

3.3.6 当需要提供场地工程建设所需的各岩土层力学参数时，应按《工程勘察通用规范》（GB 55017）、《岩土工程勘察规范》（GB 50021）、《土工试验方法标准》（GB/T 50123）及《天津市岩土工程勘察规范》（DB/T29-247）有关条款要求开展现场原位测试及室内土工试验。

## 4 调查与测绘

### 4.1 调查

**4.1.1** 污染场地调查应包括资料收集、现场踏勘、人员访谈及专项调查。

**4.1.2** 污染场地资料收集应包括场地及邻近区域的下列资料：

- 1 疑似污染场地的场地利用与变迁、历史影像图、污染成因资料；
- 2 岩土工程勘察和环境评价资料；
- 3 人类活动、生态环境等相关的自然和社会信息；
- 4 道路、建（构）筑物、设备设施、地下管线和其他设施资料；
- 5 客土来源及环境质量情况，固体废物环境质量情况。

**4.1.3** 污染场地的利用与变迁、污染成因资料收集应包括：

- 1 场地利用的基本资料；
- 2 场地变迁的基本资料；
- 3 场地主要设施分布的资料；
- 4 生产工艺，原辅料使用以及废气、废水和固体废物的产生、存储及排放情况等资料；
- 5 其他反映污染成因的资料。

**4.1.4** 现场踏勘范围应以场地内为主，对下列情况应适当扩大踏勘范围：

- 1 场地周边存在污染痕迹、潜在污染源及污染点；
- 2 后续风险管控、污染修复及建设等施工活动范围覆盖周边区域。

**4.1.5** 现场踏勘应了解地形地貌、周边环境条件、水系分布、场地使用历史和现状，可结合物探方法识别污染痕迹，初步判断污染状况，并详细填写踏勘登记表，见附录C。

**4.1.6** 人员访谈应重点针对资料收集和现场踏勘所涉及的疑问，进行资料核实、补充与考证，并作为调查资料的附件，见附录D。

**4.1.7** 污染场地调查的专项调查应包括场地包气带特性、含水层易污染特征、环境水文地质问题的调查。

- 1 宜包括各类工程地质图系和工程地质图集；
- 2 不同时期古沟坑、古河道及新近冲积层分布图、近邻工程的勘察资料及地面沉降观测资料等；
- 3 人工填土、堆土的类型、分布范围、回填（堆填）年代等；
- 4 已被填没的古沟坑、古河道的分布范围、深度、所填物质及填没年代；井、墓穴、地下工程、

地下管线等分布范围、深度；

5 地下水的类型、埋藏条件、补给来源、水位及变化幅关系。

## 4.2 测绘

**4.2.1** 污染场地应进行工程地质与水文地质测绘，对地质条件简单的场地，可用调查代替测绘。

**4.2.2** 污染场地测绘内容应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的相关规定，应包括平面图，坐标系，高程系统：

1 勘探点用经纬仪、全站仪或RTK放线定位，孔位实地确定后，应有明显孔位标识；

2 勘探点位施放误差应符合以下要求：

初步勘察阶段：平面位置允许偏差±0.50m；详细勘察阶段：平面位置允许偏差±0.25m；

3 勘探点的孔口高程一般应采用大沽高程系统；

4 孔口标高测量最少设2个测站，应进行引测线路的闭合计算，闭合差应满足要求按测站数n计算时，允许误差为± $8\sqrt{n}$ (mm)；按引测路线公里数k计算时，允许误差为± $40\sqrt{k}$ (mm)。

**4.2.3** 污染场地地质工程与水文地质测绘的比例尺和精度应符合下列要求：

1 初步勘察阶段测绘的比例尺可选用1:2000~1:10000，详细勘察阶段测绘的比例尺可选用1:500~1:2000，当场地水文地质条件和污染状况复杂时，比例尺宜适当放大；

2 地质界线 and 测绘点的精度在图上不应低于3mm。

**4.2.4** 测绘观测点的布设应符合下列要求：

1 在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位和每个地质单元体应布置地质观测点；

2 地质与水文地质观测点的密度应根据场地的地貌、地质条件、成图比例尺并结合场地污染源分布状况等具体要求确定，并应具代表性；

3 观测点应充分利用天然和已有的人工露头，当露头少时，应根据具体情况布置一定数量的探坑或探槽；

4 观测点的定位应根据精度要求选用适当方法；地质构造线、地层接触线、岩性分界线、软弱夹层、地下水露头、不良地质作用及污染源分布等特殊观测点，宜用仪器定位。

**4.2.5** 测绘时可利用不同时期的遥感影像追溯污染场地的演变过程，并应进行现场检验。检验点数宜为测绘点数的30%~50%。检验工作应包括下列内容：

1 检查解译标志；

2 检查解译结果；

3 检查外推结果；

4 对室内解译难以获得的资料进行野外补充。

## 5 勘探、建井和采样

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 勘探方法应根据场地条件、地层结构、污染类型、取样、监测及测试要求等确定，勘探方法包括钻探、槽探、工程物探等。

**5.1.2** 勘探过程中应采取隔离、保护措施，避免污染扩散、交叉污染及二次污染。

1 勘探及建井过程应采取及时清洗钻探设备、取样装置及采样工具，或使用一次性采样工具等措施防止交叉污染；

2 应按相关规定妥善处置勘探及建井过程产生的废弃土、废水、泥浆及场地遗留物，采用低渗透性材料及时回填钻孔、探井、探槽，选用无污染材料勘探、建井，以防止对环境造成二次污染；

3 在钻探过程中，钻具拆卸时应注意穿戴防护用具，避免与污染土壤或水体直接接触或吸入有毒有害气体；在槽探与井探施工时，需要施工人员在较为密闭的环境中进行施工作业，应为施工人员穿戴防护用具，采取通风等防护措施。

**5.1.3** 勘探记录除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的相关规定外，尚应记录污染土及孔隙液颜色、气味状态等感官鉴别结果，勘探记录表见附录E。

**5.1.4** 勘探完成后，应采用无污染、低渗透材料及时回填封孔。

**5.1.5** 污染土取样技术应根据样品质量要求和污染物特征，分别选择压入式、贯入式、旋转式。

### 5.2 钻探

**5.2.1** 钻探应符合下列规定：

1 钻进方法与工艺应根据地层结构、岩土体类型、污染物特征、采样质量要求、地下水位、环境敏感性等因素进行选择；

2 钻探需钻穿污染含水层下伏隔水层时，应采用多级套管、分层灌浆回填的钻探方式；

3 钻孔成孔口径及钻具规格宜同时满足采样、监测井建井、测试及钻进工艺等要求；

4 钻探宜采用跟管钻进方式或者其他隔离措施，套管之间的螺纹连接处不应使用润滑油；

5 垃圾填埋场钻探时应采取防止渗滤液喷发、填埋气燃烧、爆炸的措施；

6 钻探过程中及结束后，应将产生的废渣、废水分别统一收集并妥善处理，岩土芯样可根据工程要求保存一定期限或长期保存并拍照纳入成果资料。

**5.2.2** 钻探成孔宜采用清水钻进或跟管钻进。

**5.2.3** 当污染物理藏较浅且位于地下水位以上时，可采用槽探、井探进行识别观察，宜采用快速检测方法分析污染物类型及浓度。

**5.2.4** 污染场地在完成野外调查工作后应使用膨润土或水泥浆进行封孔，防止对土壤、地下水造成二次污染。

### **5.3 监测井设计与施工**

**5.3.1** 监测井包括井孔、井管、填充料与井台，井管自上而下为井壁管、滤水管、沉淀管，井身结构应符合本规程附录F的规定。

**5.3.2** 井管口径、材质及连接方式应符合下列规定：

1 井管的口径应满足洗井和取样要求，宜选择DN75mm的井管；当该井同时作为抽水试验或修复用井时，宜选择不小于DN100mm的井管，钻探成孔直径不应小于200mm，且围填滤料厚度不应小于50mm；

2 井管材质应采用无污染、抗腐蚀和无毒性材质，一般宜采用PVC，保证地下水取样不受污染，并满足强度要求；

3 井管连接不应使用有机粘接剂。

**5.3.3** 滤水管应置于监测目标含水层中，滤水管长度应根据地下水中污染物特征和水位动态确定，滤水管的孔隙大小应能防止90%的滤料进入井内。

**5.3.4** 监测井填充材料自下而上分别为主要滤料层、次要滤料层、止水层、回填层，各层设计与填充应符合下列规定：

1 主要滤料层位于滤水管周围，应填充至超过滤水管上部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；

2 次要滤料层填充厚度宜大于20cm，填料宜选用直径为0.1mm~0.2mm的石英砂；

3 止水层填料厚度应大于60cm，填料宜选用直径为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；

4 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；

5 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。

**5.3.5** 当地下水监测井钻孔引入外来浆液或产生较多钻屑时，下管前应进行有效清孔。

**5.3.6** 监测井可根据实际情况设为平台式或隐蔽式监测井。监测井管套顶盖可加锁，井外设标示牌并注明相关信息。

**5.3.7** 监测井结构记录可按本规程附录F执行。

**5.3.8** 监测井设置后应进行成井洗井，洗井标准为总悬浮固体含量小于5mg/L或出水浊度小于5NTU。

## **5.4 采样**

**5.4.1** 采取试样宜包括土样、水样、气样及固体废物样。取样应进行详细记录与标识，包括样品编号、日期、取样点坐标、周边基本环境信息、取样时刻气象气候信息、深度、水位标高等信息，并收集现场取样图片。

**5.4.2** 用于土层的物理力学性质的取样质量要求应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的相关规定，每层土的取样数量应不少于6组。

**5.4.3** 用于污染物检测的样品，取样前宜采用现场快速测试方法进行筛选。

**5.4.4** 污染物检测现场取样应符合下列要求：

1 取样过程中应防止交叉污染，每采集完一个位置的样品，应将取样工具清洗干净，非扰动取样器应为一次性取样器；

2 土壤和地下水样品应不少于10%的比例采取现场平行样，每批次送检样品设置不少于1个现场空白样和1个运输空白样。

**5.4.5** 岩土样品的采集应符合以下要求。

1 岩土样品采集的基本要求：

1) 表层土壤样品的采集可采用挖掘或钻孔采样；

2) 土壤采样应采取措施防止土壤扰动，严禁土壤样品在采样过程中发生二次污染；

3) 下层土壤的采集以钻孔采样为主，可采用槽探、井探采样；

4) 钻孔采样可采用人工或机械钻孔后采样。手工钻探采样的设备包括螺纹钻、管钻、管式采样器等。机械钻探包括实心螺旋钻、中空螺旋钻、套管钻等；

5) 槽探可采用人工或机械挖掘，采用锤击敞口取土器或人工刻切块状土采样。

2 挥发性有机物污染、易分解有机物污染、恶臭污染土壤的采样，应采用无扰动式的采样方法和工具。钻孔采样可采用快速击入法、快速压入法及回转法，可采用原状取土器和回转取土器采样。槽探可采用人工刻切块状土采样。采样后应立即将样品装入容器并密封，以减少暴露时间。

3 采样过程中要佩戴手套，为避免不同样品之间的交叉污染，每采集一个样品应更换一次手套。

#### 4 土壤样品的保存与流转：

1) 挥发性有机物污染的土壤样品和恶臭污染土壤的样品应采用密封性的采样瓶封装，样品应充满容器整个空间；含易分解有机物的待测定样品，可采取适当的封闭措施（如甲醇或水液封等方式保存于采样瓶中）。样品应置于4°C以下的低温环境（如冰箱）中运输、保存，避免运输、保存过程中的挥发损失，送至实验室之后应尽快分析测试；

2) 装有挥发性有机物浓度较高的样品的密封性采样瓶应密封在外包装中，避免交叉污染，应采用运输空白样的措施控制运输和保存过程中交叉污染。

#### 5.4.6 垃圾土样采集应符合下列规定：

1 垃圾土样宜在勘探孔中采集，采样设备应符合《生活垃圾采样和分析方法》（CJ/T 313）的规定；

2 采样前应在地表铺设干净的塑料膜，将从取样器取出的扰动垃圾土样平铺的塑料膜上，充分混合后采用四分法进行采样；

3 垃圾土样进行理化试验时，采样量不少于5kg；有特殊试验需求时，应增加采样量。

4 垃圾土样采集后应在24小时内置于密闭容器内运送至试验室，垃圾土样保存期不应超过48小时，样品的处理与保存应符合《生活垃圾采样和分析方法》（CJ/T 313）和《生活垃圾土工试验技术规程》（CJJ/T 204）的规定。

**5.4.7** 用于污染场地岩土和水的腐蚀性评价的试样采样点位置，应根据初步污染调查结果、用地类型进行确定，采样容器应满足密封、防腐蚀及防扰动要求，并符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）及《天津市岩土工程勘察规范》（DB/T29-247）的相关规定。用于污染物检测的样品保存应符合本规程附录G规定。

#### 5.4.8 地下水的取样应符合下列规定：

1 浅层地下水试样可采用渗（试）坑方式采取；

2 采用地下水监测井采取地下水样时，取样前应进行洗井；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；

3 取样洗井应符合下列规定：

1) 宜采用低流量泵进行洗井，泵的进水口应放置于地下水水位0.5m以下，出水口应配置相应的止回阀。洗井流速不宜高于200mL/min，对于高渗透性的含水层，可提高至500~1000mL/min；对于低渗透性含水层，宜将洗井流速降低至100mL/min。监测井不应干涸，当无法连续洗井时，应及时停泵待水位恢复后继续洗井。当采用贝勒管洗井时，应尽量降低对水体

的扰动；

2) 洗井前应量测地下水水位，洗井过程中水位降深不宜大于10cm；

3) 洗井过程中应采用便携设备测试洗出水样的pH值、电导率及浊度等，连续记录至指标读数稳定，且连续三次测定：浊度小于5NTU或浊度变化范围在±10%以内；电导率的变化范围在±10%以内；pH值的变化范围在±0.1pH以内，可结束洗井工作。若指标读数尚不稳定，但洗井抽水水量已达到3倍~5倍的取样点至地下水水面深度范围内井管的体积时，可结束洗井。

4 取样洗井结束后应于2小时内采取地下水样品，取样设备宜与洗井设备一致，宜采用低流量泵进行取样，取样深度不应小于0.5m，流速应控制在200mL/min以下，管线中应无气泡存在。当采取含挥发性污染物的水样时不应使用蠕动泵。当采用贝勒管定深度采样时应遵循“一井一管”原则，防止交叉污染，缓下慢提，防止对地下水产生大范围扰动，出水口宜配置流速调节阀，使水样经由调节阀转移至样品保存瓶内；

5 试样采取时应先采取分析VOCs的地下水样品，试样应装满样品瓶并形成凸液面后拧紧瓶盖并缠上封口膜，瓶内不应存在顶空及气泡；

6 取样过程中应采用便携设备现场测试水量、溶解氧、pH值、氧化还原电位、温度、电导率及浊度等地下水质量指标，并应观察颜色及肉眼可见物；

7 现场采样应填写采样记录单，描述采样编号、采样介质特征、可疑物质或异常现象等信息，同时应保留现场相关影像记录，其内容、页码、编号要齐全便于核查，采样记录格式参照附录H填写；

8 取样后应立即进行保存；样品的运输、交接、标识和贮存应符合现行标准《地下水环境监测技术规范》（HJ 164）的相关规定。

**5.4.9** 对场地附近潜在受场地污染影响的河流、湖泊、坑塘，应分别采取不少于1份地表水和底泥试样进行环境质量检测。

**5.4.10** 对有机污染场地或具有显著恶臭、化学品味道、刺激性气味、异常气味场地应进行包气带土层中的气样采取，并应符合下列规定：

1 初步气味辨别过程中，宜结合污染场地调查资料判别气体类型，并宜通过便携式测定仪器进行原位气样分析。对现场测试结果超标、异常的点位及污染源区域应进行气样采集并进行室内分析与试验；

2 气样采集前应调查并确保采集过程对人员与设备的安全；

3 气样采集方法应根据气体类型进行确定，并应符合现行国家标准《土壤质量 土壤气体采样指南》（GB/T 36198）的相关规定；

4 气样采集应记录采样点位及深度、采集时间、采集设备及技术参数、环境条件及岩土条件。

**5.4.11** 渗滤液样采集应符合下列规定：

1 渗滤液样应在设置的渗滤液监测井中采集；

2 用采样器提取渗滤液，弃去前3次渗滤液样品，用第4次渗滤液作为分析样品，渗滤液采样量和固定样品方法应符合《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91）的规定；

3 渗滤液样品采集后，应立即将容器瓶盖紧、密封并贴好标签。样品的处理与保存应符合现行行业标准《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91）的规定。

**5.4.12** 用于污染场地土和水的腐蚀性评价的样品取样采样方法应符合现行标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）及《天津市岩土工程勘察规范》（DB/T 29-247）的相关规定。

**5.4.13** 用于固体废物的鉴别分析样品的取样方法应根据场地类型、详细勘察、原位试验结果、土和水的环境质量分析等综合确定，并应符合现行标准《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20）、《危险废物鉴别技术规范》（HJ 298）的相关规定。

## 6 现场测试

### 6.1 一般规定

6.1.1 污染场地可采用现场快速测试、电阻率法和工程物探等方法，初步查明污染土分布范围及地下管线等地下设施位置。

6.1.2 宜根据场地条件及污染特征选取工程物探方法，解译成果应通过钻探取样验证。

6.1.3 当场地治理修复设计需要提供污染场地岩土力学参数时，宜采用原位测试方法进行岩土的物理力学性质测试，测试应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021的规定。

6.1.4 电阻法可用于污染场地污染范围划分，应通过电阻率测试值与对照点值对比确定。

6.1.5 应利用试验井进行水文地质试验，测定场地水文地质参数。

### 6.2 现场快速测试

6.2.1 污染场地土的现场快速测试应符合下列规定：

1 土的pH/电导率的现场测定，可使用便携式pH/电导率测试仪法。土的氧化还原电位的现场测试，可采用电位法；

2 土的重金属污染元素快速定位和识别可采用手持式X射线荧光光谱仪法；

3 土中挥发性有机物污染程度初步评价可采用便携式挥发性有机物测定仪法、比长式检测管法、电化学传感器法或便携式傅里叶红外仪法；

4 现场快速检测设备仪器在使用前应按要求进行校准或定期校准，使用过程中填写现场快速检测记录表见附录 I；

5 便携式仪器的测量数据多为定性及半定量分析结果，可用于调查分析辅助判断，不可作为风险评估的数据依据。

6.2.2 污染场地地表水、地下水的现场快速测试，应符合下列规定：

1 浊度、色度、悬浮物、余氯、总氯、化合氯、二氧化氯、溶解氧等水质参数的快速测定，可用便携式多参数水质测定仪法、便携式水质检测箱法；

2 地下水、地表水、生活污水和工业废水中氰化物、氟化物、硫化物、二价锰、六价铬、镍、氨氮、苯胺、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、磷酸盐以及化学需氧量等污染物的快速测定，可采用真空检测管-电子比色法；

3 水中游离氯和总氯的现场快速测定，可采用N,N-二乙基-1,4-苯二胺滴定法或N,N-二乙基-1,4-苯二胺分光光度法；

4 水中溶解氧的现场快速测定，可采用便携式溶解氧测定仪法。

**6.2.3** 污染场地气体的现场快速测定应符合下列规定：

1 挥发性有机物、无机有害气体的定性半定量现场快速测定，可用便携式傅里叶红外仪法；

2 有毒有害气体的定性半定量现场测定，可用比长式检测管法或电化学传感器法。

### **6.3 水文地质参数原位测试**

**6.3.1** 场地的水文地质参数宜包括地下水位、地下水流速及流向、渗透系数、影响半径、给水度、释水系数、越流系数、弥散系数等。

**6.3.2** 勘探孔钻遇地下水时应量测初见水位和稳定水位，并应利用地下水监测试验井统一量测稳定水位和水温，量测读数至厘米。多层含水层的水位量测，应采取止水措施，将被测含水层与其他含水层隔开，分别测定。

**6.3.3** 地下水流速、流向可采用几何法、示踪剂法等方法测定。

**6.3.4** 水文地质参数可通过搜集已有试验资料获取，当需要进行水文地质试验时，宜选择对地层和地下水扰动小的试验，包括注水试验、渗水试验和微水试验，必要时可进行抽水试验。试验过程中产生的废弃物应集中收集并妥善处理、处置。

**6.3.5** 当需要提供弥散系数时，弥散试验方法宜根据场地水文地质条件、污染源的分布以及污染源与地下水的相互关系确定，根据弥散试验的传导介质不同可分为水位传递法、示踪剂法、气体传递法等。

**6.3.6** 具体水文地质参数测定方法及成果应用见附录J。

### **6.4 电阻率静力触探测试**

**6.4.1** 电阻率静力触探测试适合于黏性土、粉土与砂土类污染场地。

**6.4.2** 电阻率探头应符合下列要求：

- 1 采用四电极环形排列方式；
- 2 电阻率测试量程为（0~10000） $\Omega\cdot\text{m}$ ；
- 3 电极之间塑料绝缘体的电阻率不应小于20M $\Omega\cdot\text{m}$ ；
- 4 定期校准和标定。

**6.4.3** 土层电阻率背景值测试点不应少于2个。

**6.4.4** 污染土与地下水的分布范围应根据电阻率实测值与背景值对比确定。

**6.4.5** 电阻率静力触探试验采用与孔压静力触探测试相同的贯入装备、数据采集仪器，其测试方

法可按本规程附录J.0.10执行。

## 6.5 工程物探测试

**6.5.1** 采用工程物探方法进行污染场地勘察时，应选择对污染物及其反应副产物敏感、异常场与背景场差异明显的方法，并应满足下列要求：

- 1 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；
- 2 被探测污染物具有一定的规模；
- 3 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。

**6.5.2** 高密度电阻率法、电阻率层析成像法可用于重金属污染、有机物污染等场地的测试。现场测试时应符合下列要求：

- 1 应根据场地条件和测试要求选用不同的方法；
- 2 高密度电阻率法的剖面长度宜大于6倍最大目标探测深度；
- 3 电阻率层析成像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 高密度电阻率测线的布设要充分考虑地下水流场的影响，沿水力坡降方向应适当加大测线布设密度。

**6.5.3** 探地雷达法可用于石油烃类污染场地测试。现场测试应符合下列要求：

- 1 天线频率选择应根据工作条件和探测深度确定，宜通过现场试验确定；
- 2 同等条件下宜选择屏蔽天线；
- 3 现场测试时应避开强干扰物；
- 4 探测前初步确定污染物富集区域地层含水率信息。若场地过于干燥（含水率低于3%），探测前需对场地进行洒水。

**6.5.4** 激发极化法可用于重金属污染物、有机污染物污染场地测试，现场测试时应符合下列规定：

- 1 测线长度应大于供电极距的2/3，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；
- 2 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；
- 3 供电电流强度变化应不大于5.0%；
- 4 二次场的电位差值宜大于1mV；
- 5 仪器的调零工作应在规定的供电时间内完成。

**6.5.5** 高精度磁法可用于重金属污染物污染场地测试，现场测试时应符合下列规定：

- 1 测线间距宜根据预估污染区域规模确定，不宜大于10m；
- 2 点距应保证在污染区异常处存在连续测点，以能清晰体现异常为原则；
- 3 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；
- 4 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。

**6.5.6** 电磁感应法可用于重金属污染物、有机污染物污染场地测试，现场测试时应符合下列规定：

- 1 宜使用两种及以上线圈频率开展现场测试工作；
- 2 现场测试时天线方向宜保持一致，以消除相位干扰问题；
- 3 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。

**6.5.7** 污染场地可联合采用多种物探方法，通过综合判释，分析污染分布范围和污染程度，并结合取样检测，进行验证确定。

## 7 室内试验

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 污染场地岩土工程勘察室内分析与试验的对象应包括土、地表水、地下水、土壤气、固体废物。

**7.1.2** 污染场地岩土工程勘察室内分析与试验内容应根据污染场地类型、用地类型、场地勘察阶段、风险评价和污染场地处置与管理目标综合确定，并宜包括下列内容：

- 1 污染场地土的物理力学性质、土的腐蚀性、土的环境质量；
- 2 污染场地地表水及地下水的环境质量及水的腐蚀性；
- 3 污染场地固体废物鉴别；
- 4 污染场地气样化学分析试验。

**7.1.3** 用于室内分析与试验的样品从取样之日起至开展试验的保存和时间期限应符合附录G的规定。

**7.1.4** 室内试验所产生弃土后余留的土、水、渗滤液、气样必须妥善贮存，并回收处理。

### 7.2 物理力学性质试验

**7.2.1** 污染场地岩土物理性质试验应包括土的含水率、土粒比重、密度、界限含水率、渗透系数、有机质含量、易溶盐等；岩石的含水率、颗粒密度、块体密度、吸水性、膨胀性、耐崩解性等。具体试验仪器和操作方法应符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021）、《土工试验方法标准》（GB/T 50123）及《天津市岩土工程勘察规范》（DB/TJ29-247）的规定。

**7.2.2** 岩土力学性质试验项目和试验方法应充分考虑污染岩土的特殊性质，进行相应的试验，宜包括土的固结、直接剪切、无侧限抗压强度、三轴压缩、静止侧压力系数；岩石（岩块）的单轴抗压强度、点荷载强度等。

**7.2.3** 对重金属、有机物、强酸、强碱及其他对人体健康安全存在潜在风险的污染土进行液限及塑限测试时，宜采用现行标准《土工试验方法标准》（GB/T 50123）所规定的液、塑限联合测定法。

**7.2.4** 污染土的渗透试验应符合下列规定：

- 1 试验所用的主要仪器设备、试样制备、试验步骤应采用现行标准《土工试验方法标准》（GB/T 50123）的相关规定；
- 2 应采用污染场地取样处地下水或相近性质的水作为渗透溶液；

3 渗透过程中应收集并测定渗出液的体积、pH值、电导率和污染物浓度。

**7.2.5** 室内渗透试验的试验终止条件应符合下列规定：

1 连续4次所测定的渗透渗入量与渗出量的比值应在0.75~1.25之间；

2 初步获取渗透系数大于 $10^{-8}$ cm/s时，至少连续4次所测定渗透系数的变化幅度应小于等于25%；初步获取渗透系数小于 $10^{-8}$ cm/s时，至少连续4次所测定渗透系数的变化幅度应小于50%；渗透系数随试验时间应无明显单调升高或降低趋势；

3 测定渗入液与渗出液pH值、电导率及污染物浓度之间的相对误差小于10%，且渗出液pH值、电导率及污染物浓度随试验时间应无明显单调升高或降低趋势；

4 累积渗出液体积与试样孔隙体积的比值不宜小于2.0。

**7.2.6** 垃圾土样品的检测项目应包括物理成分、容重、粒径、含水率、有机质等，必要时，还应进行化学分析试验、可燃分及灰分、热值试验，分析方法应符合《生活垃圾采样和分析方法》（CJ/T 313）和《生活垃圾土工试验技术规程》（CJJ/T 204）的规定。

**7.2.7** 渗滤液样品的检测项目与方法应符合现行国家标准《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB 16889）的规定。

## **7.3 岩土和水的环境质量分析试验**

**7.3.1** 污染场地土和水的环境质量检测指标应根据场地类型、详细勘察、原位试验结果等综合确定，并宜选择场地污染源区域内超出现行标准《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600）、《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618）、《地下水质量标准》（GB/T 14848）、《地表水环境质量标准》（GB 3838）所规定限制的重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物等特征污染物。

**7.3.2** 污染场地土的环境质量检测指标的分析方法应符合现行标准《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600）及《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618）的相关规定。

**7.3.3** 垃圾土样品应测定物理组成、容重、密度、颗粒分析、含水率和有机质，对设计有特殊要求的，宜进行可燃物与灰分、热值(湿基低位热值、湿基高位热值和干基高位热值)等项目的检测，还应进行化学分析，分析项目和方法应符合C/T 313和CJJ/T 204的规定。

**7.3.4** 地下水样品和渗滤液样品、地表水样品、气体样品的化学性质检测项目应根据场地的污染特征确定，分析与测试应分别按照HJ/T 166、HJ 91.1及HJ 194的要求执行。

**7.3.5** 地下水环境质量分析项目的分析方法应符合现行标准《地下水质量标准》（GB/T 14848）

的相关规定。

**7.3.6** 地表水的环境质量分析项目的分析方法应符合现行标准《地表水环境质量标准》（GB 3838）的相关规定。

## 7.4 岩土和水的腐蚀性试验

**7.4.1** 污染场地土和水的腐蚀性评价的测试项目应根据场地污染源、既有地下构筑物及场地用途确定，并应符合下列规定：

1 污染场地中土对混凝土结构腐蚀性的测试项目包括：pH、硫酸盐（以 $\text{SO}_4^{2-}$ 计）、氯化物（以 $\text{Cl}^-$ 计）、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、碳酸氢盐（以 $\text{HCO}_3^-$ 计）及碳酸盐（以 $\text{CO}_3^{2-}$ 计）的易溶盐（土水比1:5）分析；

2 污染场地中土对钢结构腐蚀性的测试项目包括：pH、氧化还原电位、极化电流密度、电阻率、质量损失；

3 污染场地中地下水对混凝土结构和钢结构腐蚀性的测试项目包括：pH、硫酸盐（以 $\text{SO}_4^{2-}$ 计）、氯化物（以 $\text{Cl}^-$ 计）、阴离子表面活性剂、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、碳酸盐（以 $\text{CO}_3^{2-}$ 计）、碳酸氢盐（以 $\text{HCO}_3^-$ 计）、侵蚀性 $\text{CO}_2$ 、游离 $\text{CO}_2$ 、铵盐（以 $\text{NH}_4^+$ 计）、苛性碱含量（以 $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$ 中 $\text{OH}^-$ 含量之和计）、总矿化度。

**7.4.2** 腐蚀性测试项目的试验方法应符合现行标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的相关规定。

**7.4.3** 水、土对建筑材料腐蚀的防护，应符合《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB 50046）的规定。

## 7.5 固体废物鉴别

**7.5.1** 污染场地中固体废物与非固体废物的鉴别应依次根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、现行标准《固体废物鉴别标准 通则》（GB 34330）的相关规定进行判断。

**7.5.2** 凡列入《国家危险废物名录》的固体废物，属于危险废物，不需要进行危险特性鉴别。

**7.5.3** 对未列入《国家危险废物名录》的固体废物，应向具有危险废物鉴别资质的机构送检，进行危险废物鉴别。

## 7.6 气样化学分析试验

**7.6.1** 污染场地气样的化学分析试验种类应根据场地污染调查结果、刺激性气味、异常气味的现场辨识综合确定。

**7.6.2** 污染场地气样污染物浓度测定方法应按现行国家环境保护标准（HJ）和《生活垃圾土土工试验技术规程》（CJJ/T 204）进行。

## 8 成果报告

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 勘察报告应在整理、检查和分析原始资料的基础上，对污染场地进行环境评价和岩土工程评价。

**8.1.2** 勘察报告应对地基基础安全利用和场地环境管理提出建议。

**8.1.3** 勘察报告应资料完整、数据准确、图表清晰、分析评价合理、结论明确。

**8.1.4** 勘察报告编制应符合现行标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的相关规定。

### 8.2 岩土工程评价

**8.2.1** 岩土工程分析评价应在勘探与测试、室内试验成果和已有工程经验的基础上，结合工程特点和要求进行。

**8.2.2** 岩土工程分析评价应符合下列要求：

- 1 充分了解工程结构的类型、特点、荷载情况和变形控制要求；
- 2 分析受污染地基土的物理力学性质指标与非污染区地基土的差异，评价污染对地基土强度与变形等指标的影响；
- 3 评价场地土与地下水对建筑材料的腐蚀性；
- 4 分析评价土与地下水受污染程度及对建设工程的影响，并确定工程特性影响程度；
- 5 应针对污染土与地下水修复治理目标，结合场地地质条件及拟建建筑地基基础方案，提出污染场地的修复治理建议；
- 6 对于理论依据不足、实践经验不多的岩土工程问题，可通过现场模型试验或足尺试验取得实测数据进行分析评价。

**8.2.3** 岩土工程分析评价应在定性分析的基础上进行定量分析。岩土体的变形、强度和稳定应定量分析；场地的适宜性、场地地质条件的稳定性，可仅做定性分析。

**8.2.4** 局部污染建设场地应分区统计岩土物理力学指标，并评价污染对岩土工程特性的影响，影响程度可按表8.2.4划分，根据工程具体情况，采用强度、变形、渗透等工程特性指标进行综合评价。

**表8.2.4 污染对岩土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”是指污染前后工程特性指标的差值与污染前指标之百分比。

### 8.3 环境评价

**8.3.1** 污染场地环境评价应结合场地用地类型、场地污染风险筛选值和再开发利用要求进行。

**8.3.2** 污染场地环境评价内容应包括：污染物类型、空间分布、浓度及其超标率、毒性特征，污染对岩土体工程性质的影响，污染对工程建设的影响等。

**8.3.3** 污染场地评价应结合污染分布和程度、场地再开发利用要求，对治理修复的必要性、修复方法和设计参数提出建议。

**8.3.4** 污染场地岩土对环境影响评价的评价应结合工程具体要求进行。岩土环境质量评价宜按现行标准《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600）、《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》（GB 15618）和《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166）执行。地下水质量评价宜按现行标准《地下水质量标准》（GB/T 14848）、《地表水环境质量标准》（GB 3838）和《地下水环境监测技术规范》（HJ 164）执行。

### 8.4 报告内容

**8.4.1** 污染场地岩土工程勘察报告应包括下列内容：

- 1 项目概况；
- 2 勘察阶段、勘察目的、任务和要求、依据的技术标准；
- 3 勘察方法、勘察工作量布置和完成情况；
- 4 场地地形、地貌、水文、气象、地质构造；
- 5 场地利用与污染历史；
- 6 场地地层、岩土性质及分布、岩土物理力学性质及其均匀性；
- 7 地下水埋藏、分布、水位，水文地质参数；
- 8 场地污染特征；场地土壤和地下水中污染物类型、浓度及空间分布；场地内或其附近分布地表水的污染类型和浓度；污染物运移路径、运移特点；
- 9 对建设场地进行岩土工程评价和适宜性评价；
- 10 对建设场地进行环境评价，根据任务要求对场地是否需要修复治理做出结论，提出修复治理方法及相关监测、检测的建议，提出污染场地内污染处理建议和处理方法的相关参数；
- 11 不确定性分析。

**8.4.2** 成果报告宜包括下列图表：

- 1 勘探点平面布置图；
- 2 污染源分布图；

- 3 钻孔柱状图；
- 4 工程地质剖面图；
- 5 水文地质剖面图；
- 6 地下水流场图；
- 7 土体与地下水中污染物分布图；
- 8 监测井结构图；
- 9 现场原位试验成果图表；
- 10 室内试验成果图表；
- 11 风险管控和修复方法建议参数表；
- 12 现场记录照片。

## 附录 A 环境水文地质条件复杂程度分级

**A.1 场地环境水文地质条件复杂程度，应按下列规定分为三个等级。**

**1符合下列条件之一者为环境水文地质条件复杂程度复杂：**

- 1) 地形地貌复杂，地层及地质构造复杂；
- 2) 含水层结构复杂、空间分布不稳定，地下水补径排条件、水动力特征复杂；
- 3) 污染物类型多、性质复杂，对人体影响显著；
- 4) 场地环境敏感程度为敏感。

**2符合下列条件之一者为环境水文地质条件复杂程度中等复杂：**

- 1) 地形地貌较复杂，地层及地质构造较复杂；
- 2) 含水层结构较复杂，含水层层次多但具有一定规律，地下水补径排条件、水动力特征较复杂；
- 3) 污染物类型较多、中等复杂，对人体有一定影响；
- 4) 场地地下水环境敏感程度为较敏感。

**3下列条件均符合为环境水文地质条件复杂程度简单**

- 1) 地形地貌简单，地层及地质构造简单；
- 2) 单一含水层（组），含水层结构简单，空间分布比较稳定，地下水补径排条件、水动力特征简单；
- 3) 污染物类型少，对人体影响较小；
- 4) 场地地下水环境敏感程度为不敏感。

**A.2 场地地下水环境敏感程度分级应按《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610）执行。**

## 附录 B 资料收集

### 收集资料表

项目名称：		项目地点：		
序号	资料类别	资料名称	收集情况	来源
1	场地利用变迁资料	土地登记信息	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		规划文件	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		场地及周边历史卫星影像	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
2	场地环境资料	土壤、地下水污染记录	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		危险废物堆放记录	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		自然保护区、水源地保护区资料	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		环境监测资料	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
3	场地生产相关资料	生产活动资料（设施、工艺、产污等）	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		平面布局图	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		地下管线图	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		环境影响评价报告	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		地质勘察报告	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
4	区域自然和社会信息	地形、地貌、水文、地质、气象等	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		人口密度和分布、敏感目标等	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
		污水灌溉区分布等。	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
备注：				

收集人员：

日期：

## 附录 C 踏勘记录

踏勘记录表

共 页		第 页	
项目名称		项目地点	
场地地形地貌： 原建筑拆除      是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 地形平坦      是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 堆土      是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
场地可疑污染物使用、处理、储存、处置（位置、类型、规模、控制设施等）：有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> （如有描述相关信息）			
场地污染痕迹（罐、槽泄漏，废物堆放痕迹，恶臭、化学品味道和刺激性气味，污染和腐蚀痕迹等）： 罐、槽泄漏 <input type="checkbox"/> 废物堆放痕迹 <input type="checkbox"/> 恶臭、化学品味、刺激性气味 <input type="checkbox"/> 污染和腐蚀痕迹 <input type="checkbox"/>			
场地建构物（平面布置、数量、层数、年代、功能、地面铺装等）：有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> （如有描述相关信息）			
场地内管线情况：有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> （如有描述相关信息）			
周边区域土地利用类型：住宅 <input type="checkbox"/> 商服/工业 <input type="checkbox"/> 公园/绿地 <input type="checkbox"/>			
周边污染痕迹（罐、槽泄漏，废物堆放痕迹，恶臭、化学品味道和刺激性气味，污染和腐蚀痕迹等）： 罐、槽泄漏 <input type="checkbox"/> 废物堆放痕迹 <input type="checkbox"/> 恶臭、化学品味、刺激性气味 <input type="checkbox"/> 污染和腐蚀痕迹 <input type="checkbox"/>			
周边区域废弃和正在使用的各类井：有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> （如有描述相关信息）			
周边区域地表水体：有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> （如有描述相关信息）			
敏感目标（居民区、学校、医院、饮用水源保护区以及其它公共场所等）：有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> （如有描述相关信息）			
其他：			
踏勘人员：		日期：	

## 附录 D 人员访谈记录表

D.0.1 人员访谈表可按表 D.0.1和表D.0.2执行。

**表D.0.1 人员访谈记录表（一）**

共 页 第 页							
项目名称					项目地点		
访谈信息							
被访人		身份		联系方式		访谈地点	
访谈内容							
<b>一、场地历史沿革</b>							
年限	权属单位		用地性质		功能		
年~ 年							
年~ 年							
年~ 年							
<b>二、场地周边历史沿革</b>							
年限	权属单位		用地性质		功能	方位	
年~ 年							
年~ 年							
年~ 年							
<b>三、场地周边地表水体</b>							
<b>四、场地周边重大污染源</b>							
访谈人：				日期：			

表D.0.2 人员访谈记录表（二）

共 页 第 页			
项目名称		项目地点	
附 页			
<p><b>生产活动概况</b></p> <p>生产工序名称:</p> <p>生产年限:</p> <p>原、辅料:</p> <p>生产（工艺）流程:</p> <p>（可附平面布局图）</p>			
废气: <input type="checkbox"/> 名称 位置 成分 处理方式 排放方式 容量	固废: <input type="checkbox"/> 名称 位置 成分 处理方式 排放方式 容量	废水: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 名称 位置 成分 处理方式 排放方式 容量	
地下建（构）筑物: <input type="checkbox"/> 名称 位置 功能 材质 规格	储罐: <input type="checkbox"/> 名称 位置 功能 材质 规格	管线: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 名称 位置 功能 材质 规格	

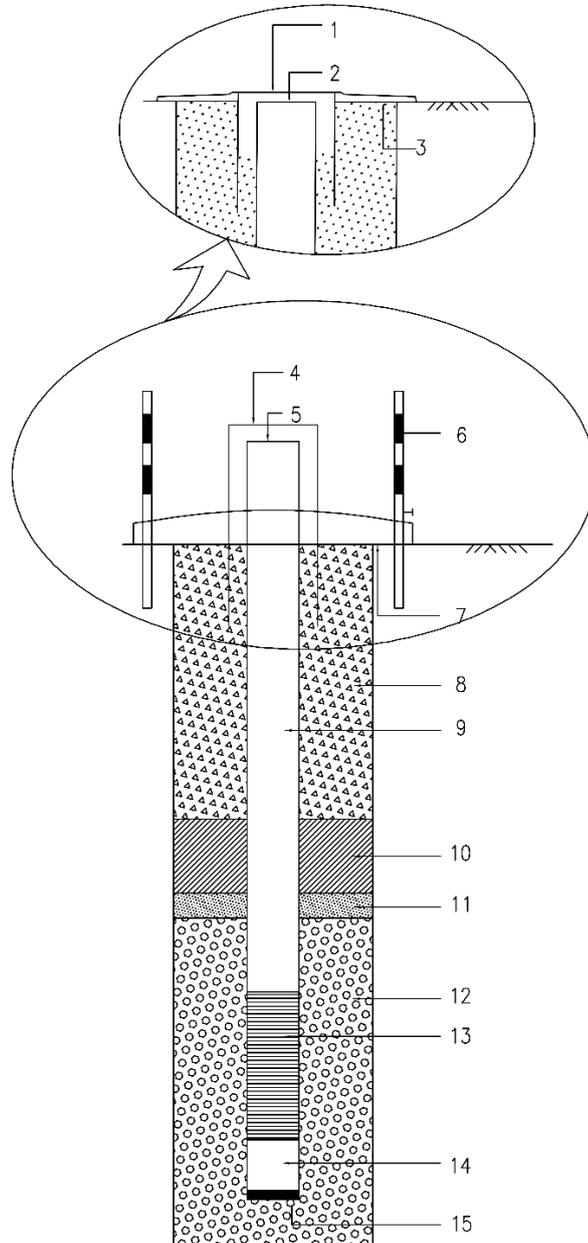
访谈人:

日期:



## 附录 F 地下水监测井建设要求

F.0.1 地下水监测井井身结构可见图F.0.1。



图F.0.1 地下水监测井井身结构图

1-加锁的防水手孔盖；2、5-防水井盖；3、7-具轻微排水坡度的水泥保护座（15cm）；4顶盖加锁的不锈钢保护套管；6-警示柱（50cm）；8-回填材料（至少50cm）；9-井管；10-主要止水层（至少60cm）；11-次要滤料层（至少20cm）；12-主要滤料层（至少60cm）；13-滤水管；14-沉淀管（视情况而定）；15-井堵。注：1图未按比例绘制；2除带“至少”字样的标注尺寸外，其他尺寸为建议尺寸。

F.0.2监测井结构信息记录可按表F.0.2执行。

表F.0.2 监测井结构信息表

项目信息	工程编号		项目名称		
	工程地点		建井日期		
	周边情况				
基本信息	井编号		钻孔编号		
	井顶管标高		井坐标	X: Y:	
	水位标高				
	实管数量/根	3m	2m	1m	0.5m
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.滤水管总长	m				
滤水管型号					
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					
均匀系数 Cu					
I.次要滤料层	地表下至	m			
滤料粒径					
J.止水层	地表下至	m	孔位略图		
止水材料类型					
K 回填层	地表下至	m			
回填材料类型					
L 监测井井深	地表下至	m			
备注（设置至承压含水层的监测井须另制表补充说明）					
高程系统:		平面坐标系:			
施工单位:		施工人员签字			

## 附录 G 样品保存方法

G.0.1 土样的保存条件和保存时间可按表G.0.1执行。

**G.0.1 土样的保存条件和保存时间**

测试项目	容器	温度 (°C)	取样量 (g)	保存时 间 (d)	备注
金属 (汞和六价铬 除外)	G、P	4	250	180	避光保存
汞	G、P	4	250	28	避光保存
砷	G、P	4	250	180	避光保存
六价铬	G、P	4	250	1	避光保存
氰化物	G、P	4	250	2	避光保存
挥发性有机物	G (棕色)	4	120	7	避光保存, 装满装 实并用聚四氟乙烯 薄膜密封瓶盖密封
半挥发性有机 物	G (棕色)	4	250	14	避光保存, 装满装 实并用聚四氟乙烯 瓶盖密封
总石油烃 (C <sub>6</sub> - C <sub>10</sub> )	G (棕色)	4	120	14	避光保存, 装满装 实并用聚四氟乙烯 薄膜密封瓶盖密封
总石油烃 (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	G (棕色)	4	250	14	避光保存, 装满装 实并用琥珀密封瓶 盖密封
难挥发性有机 物	G (棕色)	4	250	14	避光保存, 装满装 实并用聚四氟乙烯 瓶盖密封

注:G为硬质玻璃瓶:P为聚乙烯瓶

G.0.2 水样保存、容器的洗涤和取样体积可按表G.0.2执行。

**G.0.2 水样保存、容器的洗涤和取样体积**

测试项目	容器	保存时间 (d)	取样量 (ml)	容器洗涤	保存要求
铜	P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
锌	P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
氟化物	P	14	250	I	4 °C 低温避光保存
汞	G、P	14	250	III	HCl, 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
砷	G、P	14	250	I	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH < 2
硒	G、P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
镉	G、P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
六价铬	G、P	1	500	III	NaOH, 使pH =8~9
铅	G、P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
铍	G、P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
镍	G、P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
锑	G、P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
银	G、P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
铊	G、P	14	250	III	HNO <sub>3</sub> , 使pH < 2, 4 °C 低温避光保存
挥发性有机物	G (棕色)	14	40ml×2	I	0.008%Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (对挥发性芳香烃加HCl使pH<2), 装满装实并用聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖密封, 4°C低温避光保存
半挥发性有机物	G (棕色)	7	1000	I	0.008%Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 装满装实并用聚四氟乙烯施盖密封, 4°C低温避光保存
总石油烃 (C <sub>6</sub> - C <sub>10</sub> )	G (棕色)	14	40ml×2	I	HCl, 使pH < 2, 装满装实并用聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖密封
总石油烃 (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	G (棕色)	7	1000	I	装满装实并用琥珀密封瓶盖密封, 4°C低温避光保存
氰化物	G、P	0.5	250	I	添加少量固体氢氧化钠和固体硝酸镉作为保存剂

注：1 G为硬质玻璃瓶；P为聚乙烯瓶；

2 I、II、III、IV分别表示四种洗涤方法：

I：无磷洗涤剂洗1次，自来水洗3次，蒸馏水洗1次，甲醇清洗1次，阴干或吹干；

II：无磷洗涤剂洗1次，自来水洗2次，1+3HNO<sub>3</sub>荡洗1次，自来水洗3次，蒸馏水洗1次，甲醇清洗1次，阴干或吹干；

III：无磷洗涤剂洗1次，自来水洗2次，1+3HNO<sub>3</sub>荡洗1次，自来水洗3次，去离子水洗1次，甲醇清洗1次，阴干或吹干；

IV：铬酸洗液洗1次，自来水洗3次，蒸馏水洗1次，甲醇清洗1次，阴干或吹干。

## 附录 H 地下水采样记录表

### 地下水采样记录表

第\_\_\_\_页 共\_\_\_\_页

项目名称							项目地点					
井号	井深 (m)	采样方法	采样深度 (m)	水位埋深 (m)	色	嗅和味	水温 (°C)	DO (mg/L)	pH	ORP (mv)	电导率 (ms)	样品编 号

样品数量:

采样人:

记录人:

日期:

### 附录 I 土壤现场快速检测记录表

项目名称				项目地点						采样点编号			
采样送检 编号及深度	测试编号	测试类型	XRF										PID
	仪器编号	筛选值	砷 As	镉 Cd	总铬 Cr	铜 Cu	铅 Pb	汞 Hg	镍 Ni				TVOC
		第一类用地	20	20	250	2000	400	8	150				
		第二类用地	60	65	2500	18000	800	38	900				
	检测深度 (m)	单位: mg/kg										单位: ppm	

测试人:

记录人:

日期:

## 附录 J 水文地质参数测定方法及成果应用

J.0.1 水文地质参数测定可按表J.0.1 执行。

**表J.0.1 水文地质参数测定方法**

测定方法		测定参数	应用范围
钻孔注水试验	常水头法	渗透系数	地下水位以下渗透性较大的粉土、砂土和卵砾石层
	降水头法	渗透系数	地下水位以下渗透性较小的黏性土层
渗水试验	双环法	渗透系数	包气带渗透性较弱的粉土、黏性土层
抽水试验	不带观测孔抽水	渗透系数、给水度、释水系数	初步测定含水层的渗透性系数
	带观测孔抽水	渗透系数、影响半径、给水度、释水系数	准确测定含水层的各种参数
微水试验		渗透系数	地下水位以下渗透性较小的黏性土层
示踪法弥散试验		弥散系数	示踪剂类型包括放射性同位素示踪剂、氯离子和染色剂等
孔压静力触探试验		渗透系数、固结系数	粉土、黏性土
室内渗透试验	常水头试验	渗透系数	强透水性的砂土和卵砾石层
	变水头试验	渗透系数	弱透水性的粉土和黏性土

## J.0.2地下水流速、流向测定

测定地下水流向可用几何法，量测点不应少于3个，且同时量测水位，测点（孔）呈三角形分布，测点间距按岩石的渗透性、水力梯度和地形坡度确定，宜为50m-100m；一般情况下，查清污染羽边界范围布点时，可参照质点迁移距离经验公式法估算布点间距：

$$L = \alpha \times K \times I \times T / n_e$$

式中：

L--质点迁移距离，m；

$\alpha$ --变化系数， $\alpha \geq 1$ ，一般取2；

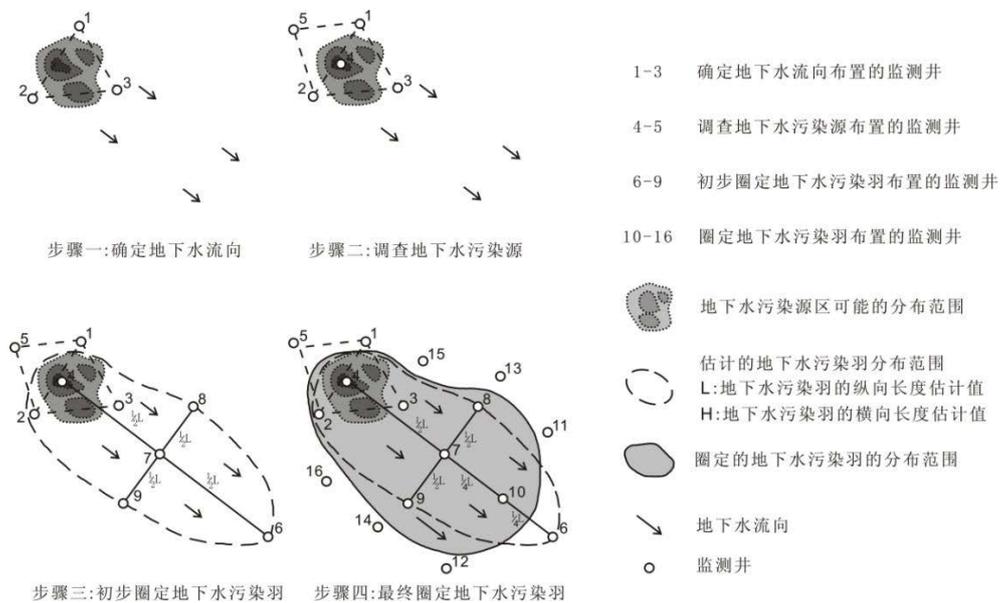
K--渗透系数，m/d；

I--水力坡度，无量纲；

T--质点迁移天数，d，按污染发生至调查期的可能时长考虑；

$n_e$ --有效孔隙度，无量纲。

天津蓟州区、宝坻区等浅层地下水径流条件相对较好的地区，地下水监测井布设可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。布置原则及步骤见图J.0.2：



图J.0.2 圈定地下水污染羽范围监测井布置的步骤及方法

### **J.0.3注水试验方法及成果应用**

**J.0.3.1** 注水试验可在试坑或钻孔中进行，试验深度较大时可采用钻孔注水试验，并应符合现行行业标准《水利水电工程注水试验规程》SL345的相关规定。可根据场地地层情况选择常水头注水试验或降水头注水试验。

#### **J.0.3.2常水头注水试验要求：**

1 钻孔常水头注水试验适用于渗透性比较大的粉土、砂土层；

2 钻孔常水头试验设备：

1) 供水设备：水箱、水泵；

2) 量测设备：水表、量桶、瞬时流量计、秒表、米尺等；

3) 止水设备：栓塞、套管；

4) 水位计：电测水位计。

3 现场试验要求：

1) 注水试验钻孔造孔除应符合《水利水电工程钻探规程》(SL/T291)有关规定外，试段不应使用泥浆钻进。孔底沉淀物厚度不应大于10cm。应防止试段岩土层被扰动；

2) 在进行注水试验前，应进行地下水位观测，水位观测间隔为5min，当连续2次观测数据变幅小于10cm时，水位观测即可结束，用最后一次观测值作为地下水位计算值；

3) 试段止水可采用栓塞或套管脚黏土等止水方法，应保证止水可靠,对孔壁稳定性差的试段宜采用花管护壁。同一试段不宜跨越透水性相差悬殊的两种岩土层。对于均一岩土层，试段长度不宜大于5m；

4) 试段隔离后，应向套管内注入清水，使套管中水位高出地下水位一定高度（或至孔口）并保持固定不变，用流量计或量桶量测注入流量，可按附录J.0.3-1进行记录；

5) 量测应符合下列规定：

①开始每隔5min量测一次，连续量测5次；以后每隔20min量测一次并至少连续量测6次；

②当连续2次量测的注入流量之差不大于最后一次注入流量的10%时，试验即可结束，取最后一次注入流量作为计算值；

6) 当试段漏水量大于供水能力时，应记录最大供水量。

4 采用常水头注水试验资料计算渗透系数时按附录J.0.3-4选用。

#### **J.0.3.3降水头注水试验要求：**

1 钻孔降水头注水试验适用于地下水位以下粉土、黏性土层或渗透系数较小的岩层。

2 试验设备

- 1) 供水设备：水箱、水泵；
- 2) 量测设备：水表、量桶、瞬时流量计、秒表、米尺等；
- 3) 止水设备：栓塞、套管；
- 4) 水位计：电测水位计。

### 3 现场试验

1) 钻孔降水头注水试验对造孔、地下水位观测和试段止水的要求，应符合附录**J.0.3.2**条现场试验要求中1)～3)条的规定；

2) 试段止水后，应向套管内注入清水，使管中水位高出地下水位一定高度或至套管顶部作为初始水头值，停止供水，应按“钻孔降水头注水试验”开始记录管内水位随时间变化的情况。

#### 4 管内水位观测应符合下列规定：

1) 开始间隔时间为**1min**，连续观测**5**次；然后间隔为**10min**，观测**3**次；后期观测间隔时间应根据水位下降速度确定，可按**30min**间隔进行；

2) 应在现场按附录**J.0.3**表的数据采用半对数坐标纸绘制水头比与时间 $[\ln(H_t/H_0) - t]$ 关系曲线。当水头比与时间关系不呈直线时，应进行检查并重新试验；

3) 当试验水头下降到初始试验水头的**0.3**倍或连续观测点达到**10**个以上时，即可结束试验。

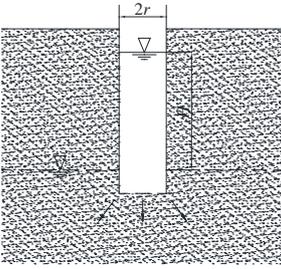
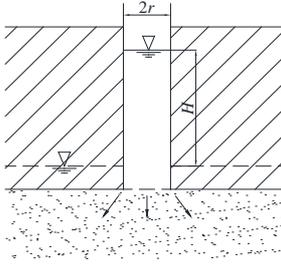
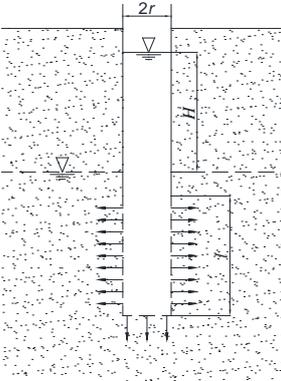
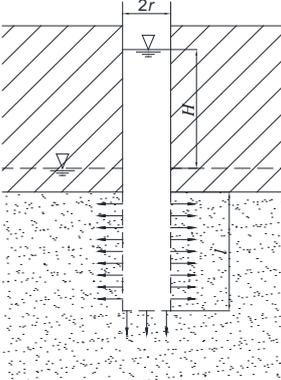
5 成果整理：采用降水头注水试验资料计算渗透系数时按附录**J.0.3-4**选用。





### J.0.3-3 钻孔注水试验形状系数值

钻孔注水试验形状系数值

试验条件	简图	形状系数 F	备注
试验段位于地下水水位以下，钻孔套管下至孔底，孔底进水		$5.5r$	
试验段位于地下水水位以下，钻孔套管下至孔底，孔底进水，试验土层顶板为不透水层		$4r$	
试验段位于地下水水位以下，孔内不下套管或部分下套管，试验段裸露或下花管，孔壁和孔底进水		$\frac{2\pi l}{\ln \frac{ml}{r}}$	$\frac{1}{r} > 8$ $m = \sqrt{\frac{k_h}{k_v}}$ $k_h$ 、 $k_v$ 分别为试验土层的水平和垂直向渗透系数
试验段位于地下水水位以下，孔内不下套管或部分下套管，试验段裸露或下花管，孔壁和孔底进水，试验土层顶板为不透水层		$\frac{2\pi l}{\ln \frac{2ml}{r}}$	$\frac{1}{r} > 8$ $m = \sqrt{\frac{k_h}{k_v}}$ $k_h$ 、 $k_v$ 分别为试验土层的水平和垂直向渗透系数

### J.0.3-4注水试验渗透系数计算

表 J.0.3-4 注水试验渗透系数计算

类型	计算公式	适用条件	说明
常水头 注水试 验	$K = \frac{Q}{FH_w}$	适用于渗透性比较大的粉土、砂土层	K--渗透系数 (cm/min) ; Q--稳定流量 (cm <sup>3</sup> /min) ; H <sub>w</sub> --固定水头高度 (cm) ; F--钻孔注水试验形状系数, 由钻孔和水流边界条件确定。
降水头 注水试 验	$K = \frac{0.523r^2 \ln \frac{H_1}{H_2}}{F(t_2 - t_1)}$	适用于地下水位以下粉土、黏性土层或渗透系数较小的岩层	K—渗透系数, cm/s; t <sub>1</sub> 、t <sub>2</sub> —注水试验某一时刻的试验时间, min; H <sub>1</sub> 、H <sub>2</sub> —在试验时间 t <sub>1</sub> 、t <sub>2</sub> 时的试验水头, cm; r—井管半径, cm; F—形状系数, cm; H <sub>0</sub> —试验的初始水头高度, cm; H <sub>t</sub> —试验 t 时刻的水头高度, cm; T <sub>0</sub> —注水试验特征时间, min, 即 $\ln\left(\frac{H_t}{H_0}\right) = 0.37$ 时对应的 t 值。
	$K = \frac{0.523r^2}{FT_0}$		

## J.0.4 渗水试验方法及成果应用

**J.0.4.1** 双环法试验是野外测定包气带非饱和松散岩层的渗透系数的常用的简易方法，由于外环渗透场的约束作用使内环的水只能垂向渗入，因而排除了侧向渗流的误差，因此它比试坑法和单环法的精度都高，试验的结果更接近实际情况。适用于地下水位以上的黏性土包气带层。

### J.0.4.2 试坑位置确定原则

试坑处的包气带土层能够代表试验区相当大范围内包气带土层的情况。

### J.0.4.3 试验设备

试环（内环、外环）、水箱、流量瓶、瓶架、进气管、出水管、计时器等。

### J.0.4.4 现场工作

- 1 在选定的试验位置，挖一个圆形或方形试坑至试验土层，要求试坑面积不小于  $1.0 \times 1.5\text{m}$ ；
- 2 在试坑底部再挖一个深  $15 \sim 20\text{cm}$  渗水试坑，要求试坑直径等于外环直径。坑底应修平，并确保试验土层的结构不被扰动；
- 3 在渗水试坑内放入试环，将直径分别为  $25\text{cm}$  和  $50\text{cm}$  的两个试环按同心圆状压入坑底，深约  $5 \sim 8\text{cm}$ ，将环内土层全部清除，并确保试验土层的结构不被扰动，试环周边不漏水；
- 4 在内环及内、外环之间环底铺上厚  $2 \sim 3\text{cm}$ 、粒径  $5 \sim 10\text{mm}$  的砾石或碎石作为缓冲层；
- 5 安装瓶架、流量瓶、出水管、进水管。流量瓶应装满清水，用带 2 个孔的胶塞塞住，孔中分别插入长短不等的 2 根管端切成斜口的进气管和出气管。流量瓶进气管管口距坑底应为  $10\text{cm}$ ，以保持试验水头不变；
- 6 试验过程中，两个流量瓶应同时向内环和内、外环之间注水，水深均为  $10\text{cm}$ 。开始进行内环注入流量量测；
- 7 量测应符合下列规定：
  - 1) 注入水量由瓶上刻度读出；
  - 2) 流量观测精度应达到  $0.1\text{L}$ ；
  - 3) 开始每隔  $5\text{min}$  量测一次，连续量测 5 次，之后每隔  $15\text{min}$  量测一次，连续量测 2 次；以后每隔  $30\text{min}$  量测一次并至少量测 6 次；
  - 4) 渗入流量  $Q$  呈随机波动变化且当连续 2 次观测的注入流量之差不大于  $5\%$  时，试验即可结束。取最后一次注入流量作为计算值。
- 8 在干燥炎热条件下进行渗水试验时，应同时测定蒸发量；
- 9 渗水试验的渗入深度可采用下列方法确定：
  - 1) 试验前在距试坑  $3 \sim 5\text{m}$  处施工一个比坑底深  $3 \sim 4\text{m}$  的钻孔，并每隔  $20\text{cm}$  取土样测定其

含水量。试验结束后，应立即排出环内积水，在试坑中心施工一个同样深度的钻孔，每隔 20cm 取土样测定其含水量，与试验前资料对比，以确定渗水试验的渗入深度；

2) 试坑内环直径为一边向下开挖，通过对土层进行观察或测定含水量确定渗水试验的渗入深度。

#### **J.0.4.5 试验资料整理：**

- 1 双环渗水试验记录表格可按本规程附录 J.0.4-1 填写；
- 2 绘制内环注入流量与时间 (Q-t) 关系曲线；
3. 试验土层的渗透系数可按本规程附录 J.0.4-2-1 计算。



### J.0.4-2 渗水试验渗透系数计算

表 J.0.4-2-1 渗水试验渗透系数计算

地下水类型	计算图式	计算公式	适用条件	说明
包气带		$I = \frac{H_k + L_k + Z}{L_k}$ $K = Q/AI$	地下水位以上的黏性土地层	<p>K--试验土层的渗透系数, cm/s;</p> <p>Q--内环的注入流量, L/min, 干燥炎热条件下应扣除蒸发水量;</p> <p>A--内环的底面积, cm<sup>2</sup>;</p> <p>Z--试验水头, cm, 一般为10cm;</p> <p>H<sub>k</sub>--试验土层的毛细上升高度, cm, 以水柱高表示;</p> <p>L<sub>k</sub>--从试坑底算起的渗入深度, cm。</p>

表 J.0.4-2-2 不同岩性毛细压力 H<sub>k</sub> 表 (以水柱高表示)

岩石名称	H <sub>k</sub> (cm)	岩石名称	H <sub>k</sub> (cm)
重亚黏土 (粉质黏土)	≈100	黏土质细砂	30
轻亚黏土 (砂质黏土)	80	纯细砂	20
重亚砂土 (粘质粉土)	60	中砂	10
轻亚砂土 (砂质粉土)	40	粗砂	5

## **J.0.5抽水试验方法及成果应用**

**J.0.5.1** 通过抽水试验测定水文地质参数时，应符合国家现行标准《供水水文地质勘察规范》（GB 50027）、《水利水电工程钻孔抽水试验规程》（SL320）的相关规定：

**J.0.5.2 抽水试验设计宜包括下列内容：**

- 1 试验目的、试验方案及试验地段的选择；
- 2 抽水井和观测井及观测线的布置；
- 3 抽水井、观测井结构，成井工序，过滤器型号规格以及安装要求；
- 4 抽水设备与试验测试工具的技术要求；
- 5 现场试验技术与试验记录要求；
- 6 渗透系数等水文地质参数计算方法与计算公式的选择；
- 7 相关水文地质条件分析的要求。

**J.0.5.3 试验设计应根据下列地质与水文地质资料进行：**

- 1 试验区的地下水分布、流向及埋深条件；
- 2 含水层岩性结构、颗粒组成、成层特性及透水性及富水性的定量估算；
- 3 含水层或含水岩组的厚度；
- 4 必要时可布置专门的钻井，补充有关的其他地质及水文地质资料。

**J.0.5.4 单井试验与多井试验**

1 单井试验与多井试验的选择，应根据工程区地质与水文地质条件的复杂程度及其对工程的影响大小和甲方（设计）人员的要求进行，并应符合下列要求：

1) 地质与水文地质条件比较简单的工程区，为初步查明松散含水层的渗透性及其分布规律时，宜选择单井抽水试验；

2) 地质与水文地质条件复杂的工程区，为查明松散含水层的渗透性和渗透各向异性时，宜在区内典型地段或含水层渗透性及渗透各向异性对建筑物渗流控制设计有重大影响的地段布置多井抽水试验；

3) 甲方（或设计）的特定要求。

2 多井试验观测线布置，应遵守下列规定：

1) 均质松散含水层中的多井试验，宜布置一条观测线，其方向应垂直地下水流向；当含水层中地下水水力坡降较大时，可布置两条观测线，其方向应一条垂直地下水流向，另一条平行地下水流向。为解决建筑物基坑降水问题时，平行地下水流向的一条宜布置在抽水井上游一侧；

2) 在非均质各向异性的松散含水层中的多井试验，应布置两条观测线，其中一条应沿渗透

性最大的方向布置，另一条应与前一条相垂直；

3 松散含水层中的多井试验，每条观察线上的观测井宜为 2~3 个；

4 观测井至抽水井的距离应符合下列规定：

1) 当抽水井为完整井时，第一个观测井井距应避开三维流和紊流的影响（一般大于 1 倍含水层厚度且不小于 4m），第二、第三个观测井井距宜分别为含水层厚度的 1~1.5 倍和 2~3 倍；

2) 当抽水井为非完整井时，应根据抽水井类型及拟选公式的要求确定；

3) 最远观测井井距不宜太大，应能保证该观测井内有一定降深。

#### **J.0.5.5 完整井试验与非完整井试验**

1 多个含水层需要进行分层抽水时，抽水井段的结构类型（完整井、非完整井），应根据各个试验含水层的厚度分别确定，并应对试验含水层和相邻含水层间的隔水层或相对隔水层采取止水隔离措施；

2 当含水层厚度不大于 15m 时，宜采用完整井抽水；当含水层厚度大于 15m 时，可采用非完整井抽水；

3 完整井抽水，其过滤器长度宜为含水层厚度的 0.9 倍以上；非完整井抽水，其过滤器长度和位置，应根据拟选用公式的适用条件确定。

#### **J.0.5.6 抽水试验基本技术要求**

1 多井试验的观测井，其过滤器长度和深度都与抽水井过滤器的长度和深度相同；

2 多井试验可在与试验含水层相邻的含水层中布置部分观测分层水位的观测井，其过滤器部分的长度和深度，可根据实际情况确定；

3 在试验各次降深中，抽水吸水管口均应放在同一深度。从承压含水层中抽水，吸水管口宜放在含水层顶板以上适当位置；从潜水含水层中抽水，吸水管口宜放在最大降深动水位以下 0.5~1.0m 处；

4 抽水井和观测井中的静水位和动水位、动水位和出水量均应同步进行观测；

5 试验停止后，应立即进行恢复水位观测，并应在抽水停止后第 1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min 各观测一次，以后可每隔 30min 观测一次；

6 试验过程中，应对附近可能受到影响的井、洞、泉和地表水体等进行水位或流量观测；

7 多井试验时，除对为试验专门设置的观测井进行观测外，宜在试验区内利用一些有效的长期观测井同时进行观测；

8 试验时，应采取防止抽出的水在抽水影响范围内回渗到含水层中的措施，同时应避免抽

出的水可能产生的环境问题；

9 在试验影响范围外，应利用已有的地下水长期观测资料或设置专门的地下水位观测点，定时观测天然水位变化。当天然水位变幅大、抽水降深校正有困难时，可暂停试验；

10 试验结束后，应复测各井（管）口高程和井深，同时检查井内沉淀情况，必要时应取沉淀样品进行颗粒分析；

11 试验进程中的每个试验阶段都宜连续进行。

### **J.0.5.7 设备**

#### **1 过滤器**

1) 根据天津市区域地质情况，可选择填料过滤器；

2) 抽水井过滤器骨架的孔隙率不宜小于 30%；观测井的孔隙率不宜小于 15%；

3) 填料过滤器的滤料规格应遵守下列规定：

①砂土类含水层的  $C_u < 10$  时，滤料规格宜按  $D_{50} = (6 \sim 8) d_{50}$  确定；

②填料过滤器滤料的  $C_u$  不宜大于 5。

4) 填料过滤器的滤料厚度不应小于 50mm；

5) 过滤器骨架管外径应符合下列规定：

①填砾过滤器骨架管外径宜为 73~89mm；

②包网或缠丝过滤器骨架管外径宜为 108~127mm；

③观测井过滤器骨架管外径宜为 73mm。

6) 过滤器下端应设置管底封闭的沉淀管，其长度宜为 1~3m。

#### **2 抽水设备**

试验的抽水设备应根据地下水位埋深和井的出水量选择，一般采用空气压缩机或水泵。

#### **3 测试工具**

1) 观测地下水位宜采用电测水位计或自动测试水位计，观测读数应精确到 1mm；

2) 出水量的测试工具应根据水量大小、精度要求和方便实用的原则选择，并应符合下列规定：

①当出水量小于  $0.001\text{m}^3/\text{s}$  时，宜选用量杯或量桶，其充满水所需时间不宜小于 15s，观测读数应精确到 0.5s；

②当出水量不小于  $0.001\text{m}^3/\text{s}$  时，宜选用三角堰或水表，堰水位读数应精确到 0.1cm，水表读数应精确到  $0.001\text{m}^3$ 。

### **J.0.5.8 现场工作**

## 1 成井

- 1) 成井施工应符合《水利水电工程钻探规程》SL/T291 中相关规定；
- 2) 抽水井、观测井的井位应由项目负责人、钻井施工人员共同在现场确定；
- 3) 成井完成后，应及时测量井（管）口高程及井位坐标。井内所有测深，均应从同一个固定基点算起；
- 4) 多井试验的成井施工程序，宜先成抽水井，后成观测井；
- 5) 松散含水层的抽水井井径不宜小于 200mm；
- 6) 抽水井和观测井的成井方法除应执行《水利水电工程钻探规程》SL/T291 的有关规定外，尚应符合下列规定：
  - ①可采用能保证抽水井平直，井身附近不受扰动，井壁不被覆盖和堵塞的成井方法；
  - ②试验井段不应使用泥浆钻进。
- 7) 在抽水井和观测井的钻进中，均应按《水利水电工程地质观测规程》SL245 的有关规定进行地下水简易观测。

## 2 设备安装

- 1) 抽水井和观测井下过滤器前，应采用清水或其他有效的无固相溶液将井内泥质物冲洗干净；
- 2) 过滤器安装应按照试验设计书的要求进行，同时记录过滤器各部分的规格和实际下入深度，并应及时绘制抽水井结构图；
- 3) 填砾过滤器所采用的砾石应冲洗干净，分批填入，每次填入高度不宜大于 0.8m，填砾的最终高度应高出过滤器工作部分顶端 0.5~1.0m；
- 4) 量水堰应安置于稳固的基础上，保持水平；距堰口一定距离处应设置固定的堰水位标尺或测针；应准确测定起始读数。

## 3 洗井、试验抽水和观测静水位

- 1) 试验前应对抽水井和观测井进行清洗，直到水清、砂净、无沉淀时止；
- 2) 洗井后即可进行试验抽水，其降深宜逐渐增大，达到最大降深后的持续时间不应小于 2h；
- 3) 试验抽水过程中，应观测抽水井出水量及抽水井和各观测井的水位变化，检查抽水设备运行是否正常，检查各观测井水位反应是否灵敏；确定稳定流抽水的最大降深、非稳定流抽水的常出水量等抽水试验参数；
- 4) 试验抽水过程中，出水量及动水位的观测均应符合正式试验的观测及记录的规定要求；

5) 试验抽水后应及时测量井深, 如发现井内沉淀较多时, 应分析原因并加以处理;

6) 正式抽水前, 静水位观测应每 30min 观测一次, 2h 内变幅不大于 2cm, 且无连续上升或下降趋势时, 即可视为稳定。

#### 4 稳定流抽水试验

1) 试验应进行 3 次降深, 各次降深间的差值宜相等;

2) 单井抽水最小降深不宜小于 0.5m; 多井抽水的抽水井最小降深, 应以最远或次远观测井的降深不小于 0.1m 或任一相邻观测井的降深差值不小于 0.2m 为准;

3) 潜水含水层抽水井最大降深, 不应大于含水层厚度的 0.3 倍; 承压含水层的动水位不宜降到含水层顶板以下;

4) 松散含水层中的降深宜从小到大;

5) 试验时抽水开始后宜间隔 1min、1min、1min、1min、2min、2min、2min、5min、5min、5min、5min、10min、10min、10min、20min、20min、20min、30.....min, 各观测一次动水位和出水量, 以后每隔 30min 观测一次;

6) 动水位稳定标准应符合下列要求:

①采用地面离心泵和潜水电泵抽水时, 抽水井的水位波动值不应大于 3cm; 观测井的水位波动值不应大于 1cm;

②采用空压机抽水时, 抽水井的水位波动值不应大于 10cm; 观测井的水位波动值不应大于 1cm;

7) 试验中的每次降深稳定延续时间应符合下列规定:

①单井抽水稳定延续时间不应小于 4h; 多井试验的稳定延续时间不应小于 8h, 并应以最远观测井的动水位波动情况确定;

②透水性弱和比较弱的含水层抽水, 应适当延长稳定延续时间;

8) 在抽水稳定延续时间内, 出水量稳定标准应符合下列规定:

①实测出水量最大值与最小值之差小于平均出水量的 5%;

②出水量无持续增大或变小的趋势。

#### 5.非稳定流抽水试验

1) 试验中应控制抽水井出水量, 使之保持常量, 其稳定标准应按实测出水量最大值与最小值之差小于平均出水量的 5% 且出水量无持续增大或变小的趋势执行;

2) 试验延续时间应根据降深与时间  $s$  (或  $\Delta h^2$ ) - $\lg t$  关系曲线确定, 并应符合下列要求:

① $s$  (或  $\Delta h^2$ ) - $\lg t$  关系曲线呈直线状, 其水平投影在  $\lg t$  轴上的数值不少于两个对数周期;

②当  $s$  (或  $\Delta h^2$ ) - $\lg t$  关系曲线有拐点时, 则宜延续至拐点后出现水平线的最初时刻。

3) 试验时, 出水量和动水位的观测时间, 宜在抽水开始后的第 1min、2min、3min、4min、6min、8min、10min、15min、20min、25min、30min、40min、50min、60min、80min、100min、120min 各观测一次, 以后每隔 30min 观测一次, 直至结束。

## 6 现场记录

1) 抽水井和观测井结构、试验设备及其安装等结束后, 应按附录 J.0.8 的有关规格格式记录相应的基本技术资料及安装情况;

2) 试验过程中应按附录 J.08 规定进行出水量和水位观测。对稳定流抽水试验, 应及时绘制  $s-t$ 、 $Q-t$  和  $Q-s$  或  $Q-\Delta h^2$  关系曲线; 对非稳定流抽水试验, 主要应绘制  $s-\lg t$  或  $\lg s-\lg t$  关系曲线, 若为多井抽水, 还应绘制  $s-\lg r$  或  $s-\lg (t/r^2)$  关系曲线;

3) 试验结束前应全面检查原始记录和有关曲线是否正确、齐全, 所发现的问题应在现场纠正。

**J.0.5.9** 污染场地进行抽水试验时, 应对抽出的地下水统一收集、处理, 不得随意排放。

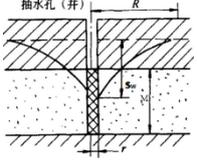
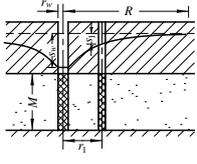
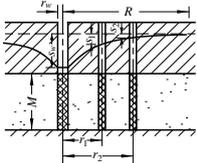
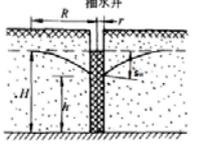
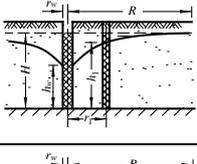
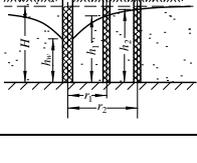
**J.0.5.10** 抽水试验过程中宜同时于抽水试验井中采取地下水样品进行水质检测, 地下水样品应于抽水试验开始前、降深稳定时、试验结束前、水位恢复后分别采取1份。

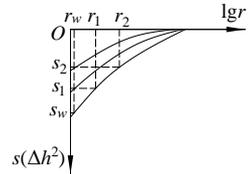


### J.0.5-2 抽水试验渗透系数计算

利用稳定流完整井抽水试验资料计算含水层渗透系数，可按表J.0.5-2-1的要求进行。

表 J.0.5-2 稳定流完整井抽水渗透系数计算

地下水类型	抽水孔类型	计算图式	计算公式	适用条件	说明
承压水	完整孔		$K = \frac{Q}{2\pi s_w M} \ln \frac{R}{r}$ $R = 10s_w \sqrt{K}$	单孔不带观测孔	K—渗透系数； Q—抽水孔涌水量； s <sub>1</sub> —承压含水层观测孔 1 水位降深； s <sub>2</sub> —承压含水层观测孔 2 水位降深； r <sub>1</sub> —观测孔 1 至抽水孔距离； r <sub>2</sub> —观测孔 2 至抽水孔距离； h <sub>1</sub> —抽水稳定后观测孔 1 处潜水含水层厚度； h <sub>2</sub> —抽水稳定后观测孔 2 处潜水含水层厚度； s <sub>w</sub> —抽水孔的水位降深； R—影响半径； r <sub>w</sub> —抽水孔半径； H—潜水含水层厚度； M—承压含水层厚度。
			$k = \frac{Q}{2\pi M (s_w - s_1)} \ln \frac{r_1}{r_w}$	1、1 个观测孔； 2、s-lgr 呈直线。	
			$k = \frac{Q}{2\pi M (s_1 - s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1}$	1、2 个观测孔； 2、s-lgr 呈直线。	
潜水	完整孔		$K = \frac{Q}{\pi(H^2 - h_w^2)} \ln \frac{R}{r}$	单孔不带观测孔	K—渗透系数； Q—抽水孔涌水量； s <sub>1</sub> —承压含水层观测孔 1 水位降深； s <sub>2</sub> —承压含水层观测孔 2 水位降深； r <sub>1</sub> —观测孔 1 至抽水孔距离； r <sub>2</sub> —观测孔 2 至抽水孔距离； h <sub>1</sub> —抽水稳定后观测孔 1 处潜水含水层厚度； h <sub>2</sub> —抽水稳定后观测孔 2 处潜水含水层厚度； s <sub>w</sub> —抽水孔的水位降深； R—影响半径； r <sub>w</sub> —抽水孔半径； H—潜水含水层厚度； M—承压含水层厚度。
			$k = \frac{Q}{\pi(h_2^2 - h_w^2)} \ln \frac{r_2}{r_w}$	1、1 个观测孔； 2、Δh <sup>2</sup> -lgr 呈直线。	
			$k = \frac{Q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \ln \frac{r_2}{r_1}$	1、2 个观测孔； 2、Δh <sup>2</sup> -lgr 呈直线。	



利用稳定流非完整井抽水试验资料计算含水层渗透系数，可按表J.0.5-2-2的要求进行。

表 J.0.5-2-2 稳定流非完整井抽水渗透系数计算

地下水类型	抽水孔类型	计算图式	计算公式	适用条件	说明
承压水	非完整		$K = \frac{Q}{4\pi M (s_2 - s_1)} \ln \frac{t_2}{t_1}$	$\frac{r^2 S}{4KMt}$ (或 $\frac{r^2 \mu}{4Kht}$ ) < 0.01	K—渗透系数； Q—抽水孔涌水量； s <sub>1</sub> —承压含水层观测孔 1 水位降深； s <sub>2</sub> —承压含水层观测孔 2 水位降深； r <sub>1</sub> —观测孔 1 至抽水孔距离； r <sub>2</sub> —观测孔 2 至抽水孔距离； h <sub>1</sub> —抽水稳定后观测孔 1 处潜水含水层厚度； h <sub>2</sub> —抽水稳定后观测孔 2 处潜水含水层厚度； s <sub>w</sub> —抽水孔的水位降深； R—影响半径； ξ—非完整井补充阻力系数，取值见表 J.0.9-3、表 J.0.9-4； r <sub>w</sub> —抽水孔半径； H—潜水含水层厚度； M—承压含水层厚度。
			$k = \frac{0.16Q[\ln \frac{r_1}{r_w} + 0.5(\xi_0 - \xi_1)]}{M(s_w - s_1)}$	1、1 个观测孔； 2、s-lgr 呈直线。	
			$k = \frac{0.16Q[\ln \frac{r_2}{r_1} + 0.5(\xi_1 - \xi_2)]}{M(s_1 - s_2)}$	1、2 个观测孔； 2、s-lgr 呈直线。	
潜水	非完整		$K = \frac{Q}{2\pi (\Delta h_2^2 - \Delta h_1^2)} \ln \frac{t_2}{t_1}$	$\frac{r^2 S}{4KMt}$ (或 $\frac{r^2 \mu}{4Kht}$ ) < 0.01	K—渗透系数； Q—抽水孔涌水量； s <sub>1</sub> —承压含水层观测孔 1 水位降深； s <sub>2</sub> —承压含水层观测孔 2 水位降深； r <sub>1</sub> —观测孔 1 至抽水孔距离； r <sub>2</sub> —观测孔 2 至抽水孔距离； h <sub>1</sub> —抽水稳定后观测孔 1 处潜水含水层厚度； h <sub>2</sub> —抽水稳定后观测孔 2 处潜水含水层厚度； s <sub>w</sub> —抽水孔的水位降深； R—影响半径； ξ—非完整井补充阻力系数，取值见表 J.0.9-3、表 J.0.9-4； r <sub>w</sub> —抽水孔半径； H—潜水含水层厚度； M—承压含水层厚度。
			$k = \frac{0.32Q[\ln \frac{r_1}{r_w} + 0.5(\xi_0 - \xi_1)]}{h_1^2 - h_w^2}$	1、1 个观测孔； 2、Δh <sup>2</sup> -lgr 呈直线。	
			$k = \frac{0.32Q[\ln \frac{r_2}{r_1} + 0.5(\xi_1 - \xi_2)]}{h_2^2 - h_1^2}$	1、2 个观测孔； 2、Δh <sup>2</sup> -lgr 呈直线。	

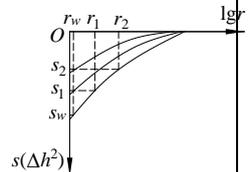


表 J.0.5-2-3 稳定流非完整孔井补充阻力系数  $\xi$  值(C=0)

$L/M$	$M/r$									
	0.5	1	3	10	30	100	200	500	1000	2000
0.05	0.00423	0.135	2.3	12.6	35.5	71.9	94	126	149	169
0.1	0.00391	0.122	2.04	10.4	24.3	42.8	53.8	69.5	79.6	90.9
0.3	0.00297	0.0908	1.29	4.79	9.23	14.5	17.7	21.8	24.9	28.2
0.5	0.00165	0.0494	0.656	2.26	4.21	6.55	7.86	9.64	11	12.4
0.7	0.000546	0.0167	0.237	0.879	1.69	2.67	3.24	4.01	4.58	5.19
0.9	0.0000482	0.0015	0.0251	0.128	0.334	0.528	0.664	0.846	0.983	1.12

表 J.0.5-2-4 稳定流非完整井补充阻力系数  $\xi$  值(C=0)

$l/M$	$C/M$	$M/r$				
		10	30	100	500	1000
0.1	0	10.4	24.5	43.5	70.2	81.8
0.1	0.1	6.48	17.0	33.6	59.7	71.8
0.1	0.2	5.23	15.6	32.6	58.6	70.4
0.1	0.3	4.91	15.1	31.9	58.1	70.3
0.1	0.45	4.3	14.5	31.5	57.5	70.2
0.1	0.6	4.91	15.1	31.9	58.1	70.3
0.1	0.7	5.23	15.6	32.6	58.6	70.4
0.1	0.8	6.48	17.0	33.6	59.7	71.8
0.1	0.9	10.4	43.5	43.5	70.2	81.8
0.3	0	4.79	9.2	14.5	21.8	24.9
0.3	0.1	3.3	7.13	12.2	19.3	22.3
0.3	0.2	2.72	6.58	11.6	18.8	21.9
0.3	0.35	2.4	6.2	11.4	18.7	21.8
0.3	0.5	2.72	6.58	11.6	18.8	21.9
0.3	0.6	3.3	7.13	12.2	19.3	22.3
0.3	0.7	4.79	9.2	14.5	21.8	24.9
0.5	0	2.26	4.21	6.5	9.64	11.0
0.5	0.1	1.51	3.23	5.41	8.49	9.9
0.5	0.25	1.2	2.9	5.12	8.24	9.64
0.5	0.4	1.51	3.23	5.41	8.49	9.9
0.5	0.5	2.26	4.21	6.5	9.64	11.0

注:表J.0.9-3和表J.0.9-4适用于承压非完整井,对于潜水井查用此两表时,需按下列值代换:

$l = l_0 - \frac{s}{2}$ ,  $M = H - \frac{s}{2}$ ,  $C = C_0 - \frac{s}{2}$  ( $l_0$  为过滤器底部至潜水静止水位的距离,  $C_0$  为过滤器顶部至静止水位的距离)。

## J.0.6 微水试验方法

**J.0.6.1** 试验前应根据钻探资料，确定试验孔位和试验段，明确水头变化激发方式。

**J.0.6.2** 微水试验水头变化激发方式可分为振荡器式、气压式、注水式或抽水式，激发方式的选择应符合下列规定：

- 1 强透水性岩土体宜使用气压式；
- 2 地下水位埋深较浅的中~微透水性岩土体宜使用振荡器式、注水式或抽水式；
- 3 地下水位埋深较深的中~微透水性岩土体宜使用注水式。

**J.0.6.3** 微水试验应满足下列要求：

1 使用振荡器式、注水式或抽水式激发时，激发过程时间应控制在 5s 以内，待水位恢复到初始水位，宜延长 1min~2min 结束试验；

2 使用气压式激发时，应向试验孔内充气至压力表读数或水头曲线相对稳定后，迅速打开放气阀；待水位恢复到初始水位，宜延长 1min~2min 结束试验；

3 使用注水式或抽水式激发时，试验记录数据应包括初始水位埋深、注水或抽水流量、激发水头、激发时间、水位变化等；

4 使用振荡器式激发时，试验记录数据应包括初始水位埋深、振荡器体积、激发水头、激发时间、水位变化等；

5 气压式微水试验记录数据应包括初始水位埋深、试验孔内压力、加压时间、水位变化等；

6 微水试验应采用自动化水位采集设备，传感器量程及精度应满足试验要求；

7 微水试验时，应根据试验进程绘制试验孔内水位变幅  $H_t$  与时间  $t$  关系曲线。

## **J.0.7 弥散试验方法**

**J.0.7.1** 弥散试验应根据试验的目的、现场条件和环保要求，选择合适的方法。根据弥散试验的传导介质不同可分为水位传递法、示踪剂法、气体传递法等。需要确定地下水污染羽范围、污染治理修复设计的专项勘察应提供含水层的水动力弥散系数。水动力弥散系数的原位测试方法宜根据场地水文地质条件、污染源的分布以及污染源与地下水的相互关系确定，可采用示踪剂法。

**J.0.7.2** 水位传递法宜利用钻孔，进行抽水或注水，观测上下游水位、水量、水色之变化。

**J.0.7.3** 示踪剂法应根据地下水的流速、流态、流途长短的不同，分别在上游投放浮标、指示剂等。示踪剂种类不应与潜在污染物发生化学反应。

**J.0.7.4** 气体传递法宜在与地下水有联系的无水溶洞或裂隙内使用。

**J.0.7.5** 定量评价时，应准确记录试验点和观测点的位置坐标、高程数据，试验开始时间和观测到的初始时间，峰值时间、消退时间等。当采用示踪剂法时，可采用定量回收试验，并需同时观测地下水的流量等指标，以便计算回收率。

**J.0.7.6** 定量回收试验应及时绘制指示剂的接收浓度历时曲线。多点回收的，应分析各点的浓度变化比例。

## **J.0.8孔压静力触探测试方法及成果运用**

### **J.0.8.1准备工作**

**1.1** 孔压静力触探测试前的情况调查、资料收集应包括下列内容:

- 1 工程类型、测试孔位分布和孔深要求;
- 2 测试作业区地形、交通和供电情况;
- 3 场地地层概况及勘探资料;
- 4 作业区及附近地下管线、人防工程等情况;
- 5 作业区范围内高压电线、强磁场源等。

**1.2** 测试用电缆应按探杆顺序一次穿杆连接, 电缆长度应满足测试要求。

**1.3** 孔压过滤环应采用室内真空抽吸法进行饱和, 抽真空时间不得少于24h。

**1.4** 测试作业前, 应检查使用的探头是否符合使用要求规定, 并核对探头标定记录, 调零试压。

**1.5** 探头在贯入前, 应采用注射器对孔压传感器的应变腔注入脱气液体(硅油或甘油)进行饱和。

**1.6** 探头、电缆、数据采集仪和深度编码器的接插与调试, 应符合孔压静力触探仪的使用规定。

**1.7** 孔压静力触探主机的安放位置应场地平整。主机就位后, 应调平机座并使用水平尺校准, 使之与反力装置衔接、锁定; 当孔压静力触探主机不能按指定孔位安装时, 应记录移动后的孔位和地面高程。

### **J.0.8.2贯入装备与数据采集**

**2.1** 贯入系统应满足下列要求:

- 1 贯入力应满足触探设计深度的需要;
- 2 额定起拔力不应小于额定贯入力的 120%;
- 3 贯入和起拔时施力作用线应垂直机座基准面, 垂直度公差宜为 $0.5^\circ$ ;
- 4 施力作用线偏离铅垂线的角度不应大于 $2^\circ$ ;
- 5 反力装置宜采用地锚或压重, 提供的反力不应小于额定贯入力, 且应限制主机在贯入中相对地表移动;
- 6 自探头锥底起算的 1000mm 长度范围内, 探杆直径不得大于探头直径。

**2.2** 数据采集仪应符合下列规定:

- 1 电源的额定电压和电流应满足工作需要;
- 2 非线性度小于等于 40ppm, 温漂小于等于 $0.6\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ;
- 3 工作环境温度为 $-10^\circ\text{C}\sim 45^\circ\text{C}$ ;
- 4 静力触探完成后, 数据采集仪应具有调零复位功能;

5 数据采集间隔沿深度不得大于10cm。

2.3 测试数据采集内容应包括下列内容:

- 1 贯入深度;
- 2 锥尖阻力;
- 3 侧壁摩阻力;
- 4 孔隙水压力;
- 5 电阻率;
- 6 孔隙消散测试等。

2.4 测试数据保存格式宜与数据后处理软件相匹配。

### J.0.8.3 现场测试

3.1 现场测试应同时测试锥尖阻力、侧壁摩阻力、孔隙水压力及贯入深度。

3.2 在贯入过程中应采取有效措施保证匀速贯入和探杆的垂直度要求。

3.3 贯入操作过程必须匀速，速率应为 $(1.2\pm 0.3)$  m/min，应有保证匀速贯入的控制装置。

3.4 在正常贯入过程中不应提拔探杆。

3.5 孔压消散试验，应符合下列规定：

- 1 孔压消散试验前，宜查明地下水位情况;
- 2 当贯入到预定深度时，应从探头停止贯入之时起记录不同时刻的孔压值；在测试过程中，不得松动、碰撞及对探杆施加外力;
- 3 孔压消散试验数据的记录时间间隔应符合表J.0.8的规定;
- 4 当测试场地地下水位未知时，至少应有一个触探孔做到孔压消散达到稳定值为止。

表J.0.8 孔压消散试验数据记录时间间隔

孔压消散时间阶段/min	记录时间间隔/(秒/次)
0~1	0.5
1~10	1
10~100	2
>100	5

3.6 当孔压静力触探孔位附近已有其他勘探孔时，应将触探孔布置在距原勘探孔1.1m以外的范围。当需与其他勘探孔结果进行对比试验时，两孔间距不宜大于2，并应先进行孔压静力触探，然后进行其他勘探。

3.7 软黏土中孔压静力触探测试应进行孔压消散试验。孔压消散试验的持续时间不应少于超静孔隙水压力消散达到50%的时间。

3.8 孔压静力触探现场测试遇下列情况之一时，应停止贯入：

- 1 孔压静力触探主机负荷达到其额定荷载的120%；
- 2 贯入时探杆出现明显弯曲；
- 3 贯入时探杆出现明显的倾斜，或者探头偏离铅垂线的角度达到10°；
- 4 反力装置失效；
- 5 探头负荷达到额定荷载；
- 6 记录仪器显示异常。

**3.9** 贯入结束起拔探杆、取回探头，应符合下列规定：

- 1 探头拔出后，探头的侧壁摩擦筒应能进行360°旋转；
- 2 探头拔出地面后，应清理探头；
- 3 探头应避免阳光直射，获取基线读数，并将此次基线读数与初始基线读数进行对比；
- 4 孔压静力触探测试完成后应封口。

**3.10** 孔压静力触探测试移位时，探头的应变腔应重新进行饱和，并应更换经饱和的孔压过滤环。

#### **J.0.8.4 成果应用**

**4.1** 黏性土水平向固结系数可根据孔压消散试验结果，并按下式计算：

$$c_h = \frac{t^* \cdot r_0^2 \cdot \sqrt{I_r}}{t_{50}}$$

式中：

$c_h$ --水平向固结系数（ $\text{cm}^2/\text{s}$ ）；

$r_0$ --探头半径，取值17.85mm；

$I_r$ --刚度指数， $I_r=1000 \frac{G_0}{S_u}$ ；

$G_0$ --小应变动剪切模量（MPa）；

$S_u$ --不排水抗剪强度（kPa）；

$t_{50}$ --超孔压消散达50%时对应的时间（s）；

$t^*$ --相应于 $t_{50}$ 的时间因数，取值0.245。

**4.2** 黏性土水平向渗透系数可根据孔压消散试验结果，并按下式计算：

$$K_h = (251t_{50})^{-1.25}$$

式中：

$K_h$ --水平向渗透系数（ $\text{cm}/\text{s}$ ）；

$t_{50}$ --超孔压消散达50%时对应的时间（s）。

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本规程必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

- 1 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 2 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 3 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 4 《天津市岩土工程勘察规范》 DB/T29-247
- 5 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 6 《供水水文地质勘察规范》 GB50027
- 7 《地下水质量标准》 GB/T 14848
- 8 《地表水环境质量标准》 GB3838
- 9 《固体废物鉴别标准 通则》 GB 34330
- 10 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》 GB 36600
- 11 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》 GB15618
- 12 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》 JGJ/T87
- 13 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》 HJ25.1
- 14 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》 HJ25.2
- 15 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》 HJ25.3
- 16 《地下水环境监测技术规范》 HJ164
- 17 《地表水和污水监测技术规范》 HJ/T91
- 18 《工业固体废物采样制样技术规范》 HJ/T 20
- 19 《城市工程地球物理探测标准》 CJJ/T7
- 20 《土壤环境监测技术规范》 HJ/T166
- 21 《水利水电工程钻孔抽水试验规程》 SL320
- 22 《水利水电工程注水试验规程》 SL345
- 23 《水利水电工程钻探规程》 SL/T291
- 24 《水利水电工程地质观测规程》 SL245
- 25 《污染场地勘探技术指南》 T/CAEPI14
- 26 《环境影响评价技术导则-地下水环境》 HJ610
- 27 《孔压静力触探测试技术规程》 T/CCES 1

- 28 《危险废物鉴别技术规范》 HJ 298
- 29 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》
- 30 《国家危险废物名录》
- 31 《生活垃圾土工试验技术规程》 CJJ/T 204
- 32 《生活垃圾采样和分析方法》 CJ/T 313
- 33 《生活垃圾填埋场污染控制标准》 GB 16889
- 34 《土壤质量 土壤气体采样指南》（GB/T 36198）
- 35 《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB50046）