

地下水污染源防渗技术指南（试行）

2020年2月

目 次

第一章 总 则.....	1
1.1 编制目的.....	1
1.2 适用范围.....	1
1.3 编制依据.....	1
1.4 术语与定义.....	3
1.5 指导原则.....	3
1.6 组织编制单位.....	4
第二章 工作内容和流程.....	5
2.1 工作内容.....	5
2.2 工作流程.....	5
第三章 重点污染源判定.....	7
第四章 防渗需求分析.....	9
4.1 工作步骤.....	9
4.2 防渗工程设计需求分析.....	9
第五章 防渗工程设计与施工.....	13
5.1 防渗技术比选.....	13
5.2 防渗工程设计.....	15
5.3 防渗工程施工.....	17
第六章 防渗工程有效性评估与长期监测.....	19
6.1 防渗工程有效性判定.....	19
6.2 长期环境监测.....	19
6.3 有效性评估报告.....	20
附录 A (资料性附录) 装置区渗漏检测技术	21
附录 B (资料性附录) 典型防渗技术类型及施工工艺	29
附录 C (资料性附录) 典型污染源污染控制难易程度分级表	41

地下水污染源防渗技术指南

(试行)

第一章 总 则

1.1 编制目的

为贯彻落实《水污染防治行动计划》《土壤污染防治行动计划》《地下水污染防治实施方案》（环土壤〔2019〕25号），推进地下水污染源头防控工作，增强地下水污染源防渗工作的科学性和规范性，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》及相关法律、法规、标准，编制《地下水污染源防渗技术指南（试行）》（以下简称指南）。

1.2 适用范围

本指南规定了地下水污染源防渗的原则、工作内容、流程和技术要求。

本指南适用于已建成的工业企业、矿山开采区、尾矿库、危险废物处置场、垃圾填埋场等地下水污染源的防渗工作，其他污染源可参照执行。

本指南不适用于放射性核素的开采、加工场地及核废料贮存场地的防渗工作。

1.3 编制依据

本指南引用了下列文件或其中的条款。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本适用于本指南。

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB 16889 生活垃圾填埋场污染控制标准
GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
GB 18598 危险废物填埋污染控制标准
GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范
GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
GB 50863 尾矿设施设计规范
GB 50869 生活垃圾卫生填埋处理技术规范
GB 51220 生活垃圾卫生填埋场封场技术规范
GB/T 4754 国民经济行业分类
GB/T 14848 地下水质量标准
GB/T 18772 生活垃圾卫生填埋场环境监测技术要求
GB/T 50934 石油化工工程防渗技术规范
GB/T 50600 渠道防渗工程技术规范
GB/T 51040 地下水监测工程技术规范
CJJ 113 生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范
CJJ 176 生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范
DG/TJ 08-2073 地下连续墙施工规程
HJ/T 164 地下水环境监测技术规范
HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境
SH/T 3533 石油化工给水排水管道工程施工及验收规范
SL 174 水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范
《地下水环境状况调查评价工作指南》(环办土壤函〔2019〕

770号)

《关于调整部分矿种矿山生产建设规模标准的通知》（国土资发〔2004〕208号）

1.4 术语与定义

下列术语与定义适用于本指南。

地下水污染源防渗：对可能或已经造成地下水环境污染的区域或部位进行防渗漏（控制）处理的工程措施。

正规垃圾填埋场：指符合国家相关政策法规和规范所建设运行的垃圾填埋场，即生活垃圾卫生填埋场。除此之外的生活垃圾填埋场地视为非正规垃圾填埋场。

危险废物处置场：指可能造成地下水污染的危险废物贮存、填埋区，包含危险废物的填埋区、贮存单元、预处理单元、渗滤液调节池、渗滤液处理系统等。

矿山开采区：是指包括矿石采掘及堆存场、矿山工业设施场地、废石堆放场等与矿山开采、加工相关的全部区域。

尾矿库：指用以贮存金属、非金属矿山进行矿石选别后排出尾矿的场所。

1.5 指导原则

（1）规范性原则：提出程序化、系统化的工作流程和技术要求，用以规范已建成的地下水污染源防渗的工程设计、施工、有效性评估及长期监测等工作，确保地下水污染源防渗工作规范开展。

（2）可行性原则：充分考虑重点污染源的水文地质条件、环境敏感性及地下水污染状况，确定技术可行、经济合理的地下水污染源防渗工程设计方案。

(3) 经济性原则：综合考虑已建项目的现状及对地下水环境的污染风险，在对正常生产经营活动影响不大的情况下，通过重点区域（或部位）的防渗改造，防范地下水环境风险，落实以防为主的地下水环境保护要求。

1.6 组织编制单位

本指南由生态环境部土壤生态环境司组织，生态环境部环境规划院、生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、中国地质大学（北京）、山东省生态环境规划研究院、生态环境部环境工程评估中心、清华大学、中国科学院地理科学与资源研究所等单位起草编制。

第二章 工作内容和流程

2.1 工作内容

2.1.1 重点污染源判定

根据污染源的环境敏感性、是否已造成地下水污染、潜在地下水污染风险等，判定是否将其纳入重点污染源。

2.1.2 防渗需求分析

针对筛选的重点污染源，以污染源防渗工程现状及是否满足相应防渗技术要求等作为判定条件，开展防渗需求分析，确定是否需要开展防渗工程设计。

2.1.3 防渗工程设计与施工

针对需要开展防渗的重点污染源，进行防渗技术比选，确定防渗工程设计方案，并开展防渗工程施工等。

2.1.4 防渗工程有效性评估与长期监测

为确保防渗工程的有效性，需开展有效性评估，编制有效性评估报告，并开展长期环境监测。

2.2 工作流程

工作流程包括重点污染源判定、防渗需求分析、防渗工程设计与施工、防渗工程有效性评估与长期监测等内容。

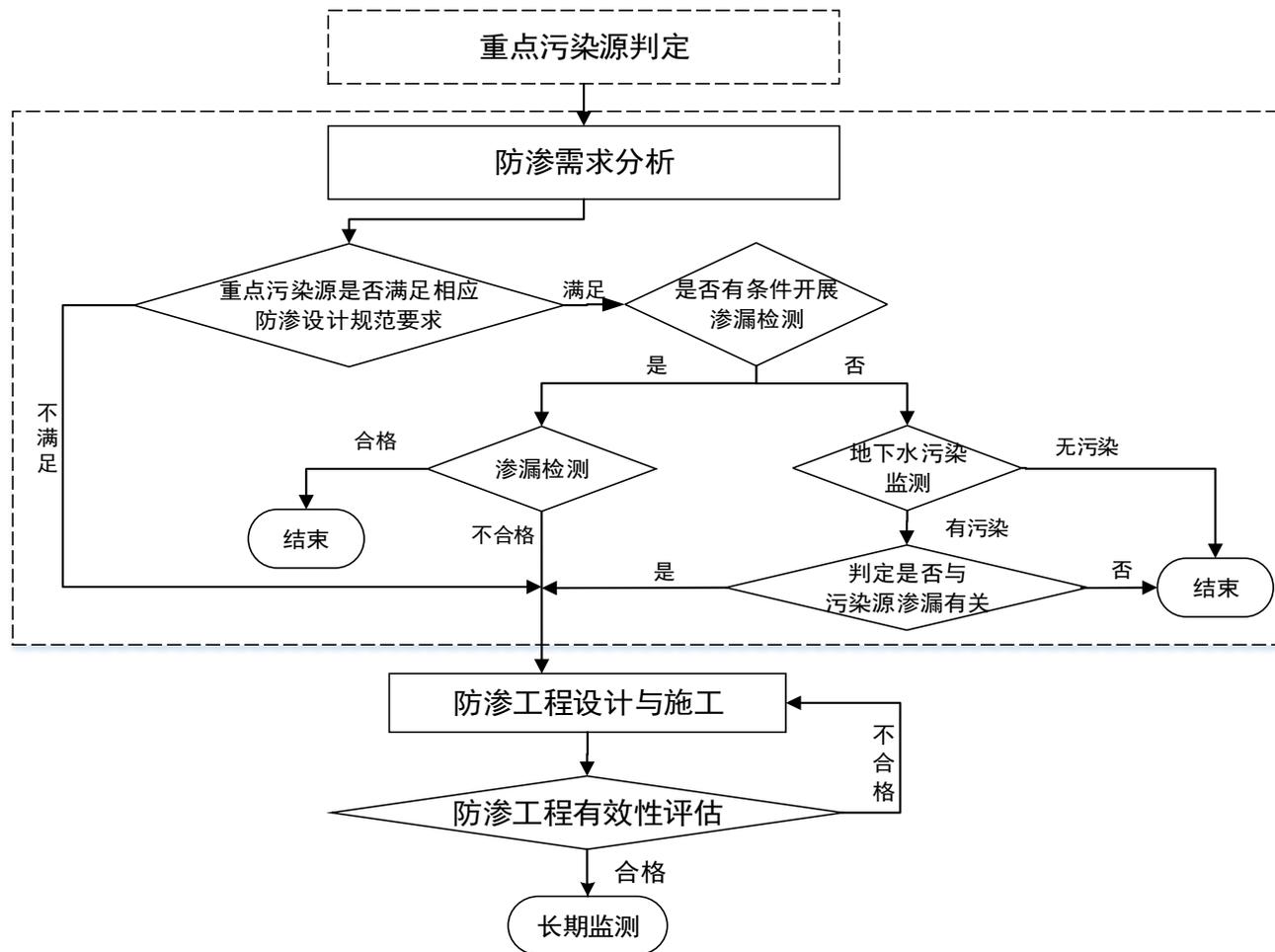


图 2-1 地下水污染源防渗工作流程图

第三章 重点污染源判定

在已建成的工业企业、矿山开采区、尾矿库、垃圾填埋场、危险废物处置场等地下水污染源中，满足以下条件之一的应列入重点污染源：已造成地下水污染的；位于集中式地下水型饮用水水源补给区内的；位于集中式地下水型饮用水水源补给区外，符合一定时限、规模、行业类别等要求具有潜在地下水污染风险的。

位于集中式地下水型饮用水水源补给区外的污染源是否纳入重点污染源的判定条件包括：

(1) 工业企业

2011年以前获得建设项目环评批复的工业企业（见表3-1），列入重点污染源。

表 3-1 工业企业行业分类筛选条件

编号	行业大类	行业中类	行业小类
1	石油、煤炭及其他燃料加工业	精炼石油产品制造	原油加工及石油制品制造、其他原油制造
		煤炭加工	炼焦、煤制合成气生产、煤制液体燃料生产、煤制品制造、其他煤炭加工
2	有色金属冶炼和压延加工业	常用有色金属冶炼	铜冶炼、铅锌冶炼、镍钴冶炼、锡冶炼、锑冶炼、铝冶炼、镁冶炼、硅冶炼、其他常用有色金属冶炼
		有色金属合金制造	有色金属合金制造
3	化学原料和化学制品制造业	基础化学原料制造	无机酸制造、无机碱制造、无机盐制造、有机化学原料制造、其他基础化学原料制造
		肥料制造	氮肥制造、磷肥制造、钾肥制造、复混肥料制造、有机肥料及微生物肥料制造、其他肥料制造
		农药制造	化学农药制造、生物化学农药及微生物农药制造
		涂料、油墨、颜料及类似产品制造	涂料制造、油墨及类似产品制造、工业颜料制造、工艺美术颜料制造、染料制造、密封用填料及类似品制造

编号	行业大类	行业中类	行业小类
3	化学原料和化学制品制造业	专用化学产品制造	化学试剂和助剂制造、专项化学用品制造、林产化学产品制造、文化用信息化学品制造、医学生产用信息化学品制造、环境污染处理专用药剂材料制造、动物胶制造、其他专用化学产品制造
4	皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	皮革鞣制加工	皮革鞣制加工
		皮革制品制造	皮革服装制造、皮箱、包（袋）制造、皮手套及皮装饰制品制造、其他皮革制品制造
		毛皮鞣制及制品加工	毛皮鞣制加工、毛皮服装加工、其他毛皮制品加工
5	医药制造业	化学药品原料药制造	化学药品原料药制造
6	金属制品业	金属表面处理及热处理加工	金属表面处理及热处理加工

注：工业企业行业分类依据 GB/T 4754

（2）矿山开采区

按照国土资发〔2004〕208号中关于矿山生产建设规模标准的分类原则，属于大型和中型的矿山生产企业，以及矿床中包含《有毒有害水污染物名录》中列出的有毒有害污染物的小型矿山生产企业，列入重点污染源。

（3）尾矿库

按照 GB 18599 及 GB 5085.7 等相关规定，产生的固体废物属于第 II 类一般工业固体废物或属于危险废物的尾矿库，列入重点污染源。

（4）垃圾填埋场

2008 年以前建成的正规垃圾填埋场、2008 年以后建成的日填埋量大于 100 吨或总填埋量大于 3 万吨的正规垃圾填埋场以及填埋量大于 3 万吨的非正规垃圾填埋场，列入重点污染源。

（5）危险废物处置场

所有危险废物处置场，列入重点污染源。

第四章 防渗需求分析

针对筛选的重点污染源，根据相应的判定条件，开展防渗需求分析，确定是否需要开展防渗工程设计。

4.1 工作步骤

当重点污染源或防渗工程不满足国家或地方防渗技术要求时，应直接启动防渗工程设计。其他重点污染源则应通过渗漏检测或地下水污染情况分析，判定是否需要开展防渗工程设计。

4.2 防渗工程设计需求分析

4.2.1 直接启动防渗工程设计的重点污染源

符合下列条件之一的重点污染源应直接进行防渗工程设计：

- (1) 不满足 GB 18599、GB 50863 要求的尾矿库；
- (2) 无害化等级为 A 级、B 级的正规垃圾填埋场和非正规垃圾填埋场（搬迁处置除外）；
- (3) 未达到 GB 18597、GB 18598 要求的危险废物处置场；
- (4) 其他未进行防渗的工业企业、矿山开采区等。

4.2.2 其他重点污染源

除上述直接启动防渗工程设计的重点污染源外，其他重点污染源是否需要开展防渗工程设计可通过渗漏量检测及地下水污染监测结果判定。

若有条件对装置区开展渗漏量检测的，则应根据渗漏量检测结果判定是否需要开展防渗工程设计。若无法开展渗漏量检测的，则需通过地下水监测结果综合判断是否需要开展防渗工程设计。

4.2.2.1 渗漏检测结果判定

参照附录 A 选择合适的渗漏检测方法对装置区开展渗漏量检测, 渗漏量检测结果为下述情况之一的, 应开展防渗工程设计:

(1) 污水排水管道渗漏量检测

对于污(废)水处理、输运(送)装置或设备等管道状构筑物, 当渗漏量检测值超过 GB 50268、SH/T 3533 等要求的允许渗漏量时, 应开展防渗工程设计。

允许渗漏量的计算公式方法如下:

a. 对于混凝土管, 实测渗漏量应小于或等于按下式计算的允许渗漏量:

$$q = 1.25\sqrt{D_i}$$

式中, q —允许渗漏量, $\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{km})$;

D_i —管道当量内径, mm 。

b. 对于塑料管、铸铁管, 实测渗漏量应小于或等于按下式计算的允许渗漏量:

$$q = 0.0046 D_i$$

式中, q —允许渗漏量, $\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{km})$;

D_i —管道当量内径, mm 。

c. 对于钢制重力流管道, 若检测发现渗漏, 则应开展防渗工程设计。

(2) 地面渗漏量检测

对于装置区内地面、罐区地面、危险废物储存区地面、危险化学品仓库(包括原料和成品库)地面等区域, 在条件允许时可通过开展闭水试验测定渗漏量。若渗漏量超过装置单元或区域应满足的分区防渗性能时, 应开展防渗工程设计。

(3) 池体渗漏量检测

对于原水、污（废）水贮存、调蓄装置或设备等池体状构筑物，应按照 GB 50141 开展满水试验。当钢筋混凝土结构池体渗水量超过 $0.2 \text{ L}/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$ ，砌体结构池体渗水量超过 $0.3 \text{ L}/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$ 时，应开展防渗工程设计。

池体渗水量按以下公式计算：

$$q = A_1/A_2 [(E_1 - E_2) - (e_1 - e_2)]$$

式中， q —渗水量， $\text{L}/(\text{d}\cdot\text{m}^2)$ ；

A_1 —池体的水面面积， m^2 ；

A_2 —池体的浸湿总面积， m^2 ；

E_1 —池体中水位测针的初读数， mm ；

E_2 —测读 E_1 后 24 h 池体中水位测针的末读数， mm ；

e_1 —测读 E_1 时水箱中水位测针的读数， mm ；

e_2 —测读 E_2 时水箱中水位测针的读数， mm 。

(4) 有预埋绝缘电极的垃圾填埋场、危险废物处置场

对于有预埋电极的垃圾填埋场、危险废物处置场等，当检测值超过仪器检出限和方法检出限中较大值时，应开展防渗工程设计。

4.2.2.2 地下水污染情况判定

若无法开展渗漏检测时，则需参照 HJ/T 164 或 GB/T 51040 对污染源周边地下水监测井开展监测分析。若下游监测井地下水中特征污染指标超过相应水质标准或显著高于对照监测井时，则应参照环办土壤函〔2019〕770 号文件开展地下水环境状况调查评估。若评估结果显示污染与评估对象渗漏有关，则应开展防渗

工程设计；若评估结果显示污染与评估对象渗漏无关，则无需针对评估对象开展防渗工程设计，可依据相关规范进一步调查周边是否存在其他污染源对地下水造成污染。

第五章 防渗工程设计与施工

5.1 防渗技术比选

根据水文地质条件、场区周边地下水环境保护目标、防渗工程所在装置区对地下水环境质量影响程度，分析不同防渗技术的适用性与经济性，确定适宜的防渗技术。

5.1.1 地面防渗技术

地面防渗技术是以极低渗透性（渗透系数应不高于 1.0×10^{-7} cm/s）的材料（天然的或化学合成的）为核心，组成全封闭的非透水隔离层，将污染源与外界进行隔离。

地面防渗技术一般应用于有地面防渗操作空间与防渗效果的改扩建项目的防渗工程。由于地面防渗技术使用的限制，对于已建成污染源的地面防渗，主要应用在池体、地面、可转移填埋物的填埋场、以及无障碍物的平面等。根据污染物特性、工程地质及水文地质等条件，在装置和周围环境之间设置地面防渗屏障。

典型地面防渗技术类型及施工工艺见附录 B.1。此外，针对地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）的防渗技术类型及施工工艺见附录 B.3。

5.1.2 垂直防渗技术

垂直防渗技术是利用场区底部的天然相对不透水层作为底部隔水层，在场区或装置区四周设置垂向防渗工程，垂向防渗层底部深入天然相对不透水层一定深度（一般需深入渗透系数不大于 1.0×10^{-7} cm/s 的地层深度 ≥ 2.0 m），阻断场区或装置区内污

染物与周边土壤和地下水的水力联系，使其形成一个相对封闭单元。

垂直防渗技术主要应用于以下情形：（1）由于地形条件限制，无法进行地面防渗的，且下伏的天然相对不透水层在场区内分布连续且稳定；（2）由于已有装置的限制而无法开展地面防渗的；（3）已有大量固体废物堆存（贮存/填埋）而无法开展地面防渗的。

垂直防渗技术的设计应根据工程的水文地质条件、污染物特性、工程地质条件等情况，结合防渗帷幕需要达到的渗透系数、深度和刚度，选择与之相适应的防渗类型。典型垂直防渗技术类型及施工工艺见附录 B.2。

5.1.3 内衬防渗技术

内衬防渗技术包括埋地管线内衬防渗技术和污水检查井防渗技术。

埋地管线内衬防渗技术是在现有的旧管道内壁浸渍液态热固性树脂的软衬层，通过加热或常温使其固化，形成与旧管道紧密结合的复合管，达到防渗目标。

污水检查井防渗技术是使用柔性材料，通过井上预制或井下拼装焊接的方式，在井底和井壁内侧形成防渗层，对进出水管做防渗密封处理后，用横纵内支撑连接的方式固定支撑防渗层，并起到抗浮的作用。

典型内衬防渗技术类型及施工工艺见附录 B.4。

5.1.4 其他防渗技术

除上述技术外，可根据工程实际条件选择其他适用的防渗技

术。

5.2 防渗工程设计

经过防渗需求分析，应针对需要防渗漏（控制）处理的区域或部位开展防渗工程设计。

5.2.1 防渗设计标准规范

（1）生活垃圾填埋场需按 GB 50869、GB 16889、GB/T 18772、GB 51220、CJJ 176、CJJ 113 开展防渗工程设计。

（2）尾矿库需按 GB 50863 及 GB 18599 的技术要求开展防渗工程设计，涉及危险废物的尾矿库需按 GB 18598 的技术要求开展防渗工程设计。

（3）危险废物贮存、填埋需按照 GB 18597、GB 18598 技术要求开展防渗工程设计。

（4）石油化工企业需按照 GB/T 50934、GB 18597、GB 18598、GB 18599 等规范技术要求开展防渗工程设计。

5.2.2 防渗工程设计要求

防渗工程设计应符合下列规定：

（1）防渗工程的设计使用年限不应低于其主体工程的设计使用年限，且不得少于 10 年；主体工程服务年限到期后，污染源仍持续存在的，应对防渗设计的性能进行检测和评估。

（2）根据装置及设施发生污染物泄漏后是否容易及时发现和处理，将典型污染源装置单元、区域分为污染难控制区、污染易控制区，典型污染源污染控制难易程度分级表见附录 C。将污染控制难易程度分区叠加所在区域的天然包气带防污性能（见表 5-1）以及污染物的危害程度，得到地下水污染防渗分区，即重

点防渗区、一般防渗区、简单防渗区，地下水污染防渗分区等级划分方法及相应的防渗性能要求参照表见表 5-2。重点防渗区防渗层的防渗性能应不低于 6.0 m 厚、渗透系数不高于 1.0×10^{-7} cm/s 的等效黏土防渗层，或参照 GB 18598 执行；一般防渗区防渗层的防渗性能应不低于 1.5 m 厚、渗透系数不高于 1.0×10^{-7} cm/s 的等效黏土防渗层，或参照 GB 16889 执行。

表 5-1 天然包气带防污性能分级参照表

天然包气带防污性能	包气带岩土渗透性能
强	$M_b \geq 1.0$ m, $K \leq 1.0 \times 10^{-6}$ cm/s, 且分布连续、稳定
中	$0.5 \text{ m} \leq M_b < 1.0$ m, $K \leq 1.0 \times 10^{-6}$ cm/s, 且分布连续、稳定 $M_b \geq 1.0$ m, 1.0×10^{-6} cm/s $< K \leq 1.0 \times 10^{-4}$ cm/s, 且分布连续、稳定
弱	岩(土)层不满足上述“强”和“中”条件

注：1. 参照 HJ 610

2. M_b ：岩土层单层厚度；K：渗透系数

表 5-2 地下水污染防渗分区参照表

防渗分区	天然包气带防污性能	污染控制难易程度	污染物类型	防渗技术要求
重点防渗区	弱	易—难	有毒有害污染物	等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0$ m, $K \leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s; 或参照 GB 18598 执行
	中—强	难		
一般防渗区	中—强	易	有毒有害污染物	等效黏土防渗层 $M_b \geq 1.5$ m, $K \leq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s; 或参照 GB 16889 执行
	弱	易—难	其他类型	
	中—强	难		
简单防渗区	中—强	易	其他类型	一般地面硬化

注：参照 HJ 610

(3) 防渗层可由单一或多种防渗材料组成，采用的防渗材料及施工工艺应符合健康、安全、环保的要求。

(4) 防渗工程设计应收集下列资料：a. 原工程的设计及竣工验收图纸、资料；b. 工程及附近地区的地表水、地下水及水文气象资料，工程地质资料以及周边公共设施、建筑物、构筑物资料；c. 场地污染调查报告；d. 其他相关资料。

5.2.3 地下水监测

5.2.3.1 监测井布设

地下水监测井布设可结合 HJ/T 164 及相关行业标准规范要求，在防渗工程区的上游、两侧、下游等区域分别布设监测井，必要时需对储罐区、污水处理设施等装置区增设监测点，以满足对防渗工程进行有效监测的要求。

5.2.3.2 样品采集

地下水样品采集方法应符合 HJ/T 164 中的相关技术要求。在防渗工程施工完毕后 1 个水文年内，采样频率应满足每月监测 1 次；在判定防渗工程达到防渗效果后 2 个水文年内，采样频率原则上为每年 3 次，即丰水期、平水期、枯水期各一次；后续按 HJ/T 164 有关要求开展常规监测。在实施过程中，应遵循质量控制程序，以确保收集和分析的数据有效。

5.2.3.3 监测项目

优先参考 HJ/T 164、HJ 610，选择行业的特征因子开展定期监测，无行业特征因子参考时，以 GB/T 14848 中要求控制的监测项目为主，满足地下水质量要求。

5.3 防渗工程施工

防渗工程施工应满足 GB/T 50934、CJJ 113、GB/T 50600、SL 174 等施工技术规范，防渗性能应满足防渗工程设计要求，同

时做好相关监测设施（在线监测、地下水监测井等）的建设工作，有效保障防渗工程的运行。各类典型防渗技术施工工艺可参见附录 B。

第六章 防渗工程有效性评估与长期监测

防渗工程施工完毕后，应开展地下水监测及工程性能评价，评估防渗工程的有效性，编制有效性评估报告。

6.1 防渗工程有效性判定

对于管道、地面、池体等防渗工程，应参照附录 A 选择合适的渗漏检测方法对装置区开展渗漏量检测，若渗漏量检测结果满足 4.2 要求，则认为防渗工程达到防渗效果。

对于垂直防渗或无法开展渗漏检测的工程，若同时满足以下条件时，则认为该防渗工程达到防渗效果：

(1) 工程性能指标满足设计要求，可包括抗压强度、渗透（阻隔）性能、工程设施连续性等指标。

(2) 地下水水质监测结果满足相应水质要求，即若定期监测一个水文年之后，监测项目浓度值有明显连续下降趋势或稳定趋于上游对照值。

若防渗工程未达到防渗效果，需对防渗工程进行补救或对防渗工程措施进行调整。

6.2 长期环境监测

一般继续利用有效性判定过程中使用的地下水监测井进行定期地下水样品采集和检测，在判定防渗工程达到防渗效果后 2 个水文年内，环境监测的采样频次原则上为每年 3 次，即丰水期、平水期、枯水期各一次，且两个批次之间间隔不得少于 2 个月。

若在判定防渗工程达到防渗效果后 2 个水文年内，水质监测结果均满足相关地下水质量要求，则后续应参照 HJ/T 164 开展

地下水环境常规监测。

后续监测过程中，若发现监测项目浓度值存在反弹，则应及时检查防渗工程运行情况，并采取相应的补救或风险管控措施。

6.3 有效性评估报告

6.3.1 工程性能评估报告

工程性能评估报告主要内容包括检测装置单元、区域情况及其检测方法与结果等信息。

6.3.2 阶段评估报告

阶段评估报告主要内容包括地下水水质监测点数量、分布、监测系统运行情况、阶段监测数据及地下水环境质量变化趋势、渗漏情况判断等。

6.3.3 年度评估报告

年度评估报告应包括所有阶段评估报告和全年监测结果，分析年度监测系统运行状况及年度地下水环境质量变化趋势等，判断渗漏情况。

附录 A

(资料性附录)

装置区渗漏检测技术

A.1 装置区渗漏检测技术

表 A.1 装置区渗漏检测技术汇总表

污染源	序号	装置（单元、设施）名称	重点渗漏区域及部位	可选检漏技术	备注
工业企业	1	污水预处理	污水预处理池的底板及壁板	K	
	2	埋地管道	污水、油污、溶剂等埋地管道	A、B、E、K	
	3	储焦池	储焦池的底板及壁板	E、K	
	4	原料油、轻质油品、液体化工品等储罐区	环墙式和护坡式罐基础	E	
	5	地下罐	罐底部	K	
	6	湿法除灰工艺的储灰池、冲灰沟	储灰池、冲灰沟的底板及壁板	C、E	
	7	锅炉事故油池	事故油池的底板及壁板	C、E	
	8	排污池及地坑	排污池及地坑的底板及壁板	C、E	
	9	事故油池	事故油池的底板及壁板	C、E	
	10	酸碱中和池及排水沟	酸碱中和池及排水沟的底板及壁板	C、E	
	11	污水、油污、污泥池，检查井	调节池、均质池、隔油池、气浮池、生化池、污油池、油泥池、浮渣池和污泥池的底板及壁板；检查井、水封井和渗漏井底板及壁板	C、D、E	
	12	排污水池	排污水池的底板及壁板	C、E	
矿山开采区	1	尾矿浓缩池	尾矿浓缩池的底板及壁板	C、E	
	2	浓缩车间、压滤车间	地面	C	
	3	事故水池	事故水池的底板及壁板	C、E	

污染源	序号	装置（单元、设施）名称	重点渗漏区域及部位	可选检漏技术	备注
	4	泵房	地面泵基础边缝和水槽	C、E	
	5	化验室	地面	C	
尾矿库	1	库底、边坡、坝基	库底、边坡、坝基	K	
垃圾填埋场	1	垃圾渗滤液调节池	垃圾渗滤液调节池的底板及壁板	K	
	2	渗滤液输送管沟	底板及壁板	K	
	3	事故应急池	事故应急池的底板及壁板	C、E	
	4	填埋库区	底板及壁板	G、I、J、K	
危险废物处置场	1	渗滤液调节池	渗滤液调节池的底板及壁板	C、E	
	2	填埋场	底部和侧壁	F、G、H、I、J、K	
	3	事故水池	事故水池的底板及壁板	C、E	
	4	固体粪便堆积场	底部和侧壁	J、K	
	5	尿液收集池	尿液收集池的底板及壁板	C、E	

注：1. 代号：A.机器人检测 B.X6电法检测 C.玻璃仪器检测 D.自动连接装置检测 E.密封装置检测 F.扩散管法 G.电容传感器法 H.示踪剂法 I.电化学感应电缆法 J.电学法 K.地下水监测法

2. 检测方法F、G、H需要核实现场情况满足检测条件

3. 检测方法I、J需要在建设时安装铺设并运行良好

4. 上述检测方法的技术原理、流程和适用范围可参见附录A.2

A.2 装置区渗漏检测方法的技术原理及技术流程

A.2.1 机器人检测

(1) 方法原理

管道内窥爬行机器人，是以运动机构作为载体，根据生产任务可选择性搭载管道内窥摄像机、机械手及相关检测仪器的平台。主要用于石油石化、市政排水管道内部渗漏的快速检测和诊断，配备强力照明光源和便携式控制系统，适合野外和移动工作场所，传输线缆可以根据需求配备，将设备送至所需工作位置；一般可至水下 10 m。管道内窥检测爬行机器人已广泛应用于军事、电力、热电厂、石油石化、无损检测、市政、考古等行业。

(2) 技术流程

- a. 选取检测管线位置并确定管径尺寸；
- b. 将设备送至所需工作位置；
- c. 将管道内窥检测爬行机器人从检查井一端送至管道内；
- d. 开启收线车及便携式控制系统；
- e. 将摄像机传输到控制器的视频资料进行实时观察、记录。

(3) 适用范围

本方法适用于管径或内径大于 200 mm~1500 mm 的管道或容器内的检测，适合各种材质的管道，可通过前、后摄像机传输到控制器的视频资料进行实时观察、记录。不适用于 200 mm 以下管径的检测。

A.2.2 X6 电法检测

(1) 方法原理

由于管道内壁为绝缘材料，对电流来说表现为高阻抗，管道内的水和埋设管道的大地为低阻抗。X6 工作时，探棒在管道内匀速前进。当管道内壁完好时，接地电极和探棒电极之间的电阻很大，电流很小。当管道内壁存在缺陷时（例如污水的漏进/漏出），电极之间存在低阻抗通路，电极之间的电流因此增加。

(2) 技术流程

- a. 封堵管道两端，放水使污水管道积水；
- b. 牵引绳穿过管道，将探头拖动到起测点；
- c. 开启绕线车马达，记录测试数据；
- d. 测试结果分析：1) 环境电阻值范围（水 10 K Ω ~30 K Ω ，湿土壤 20 K Ω ~80 K Ω ，干燥水泥>100 K Ω ）；2) 探测管道泄漏处，定位精度厘米级。

(3) 适用范围

本方法适用于带水非金属无压管道的渗漏检测，不适用于检测缺陷接头和缺陷分支管等中小型渗漏点检测。

A.2.3 玻璃仪器检测

(1) 方法原理

通过将各种缝隙以 0.5 米为单位进行分割，使用角缝检测槽或地面缝、边缝检测仪与混凝土地面进行密封处理，定压定量进行渗漏检测。

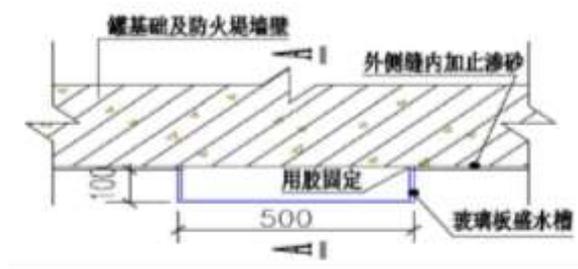


图 A.1 墙壁实验缝平面图

(2) 技术流程

- 在角缝检测仪外，罐基及围堤与地面缝隙处加入柔性防渗材料；
- 用密封胶将玻璃板角缝检测仪与墙壁固定；
- 待玻璃胶凝固后，向检测仪注水，并用玻璃密封器密封，定时观察水槽中剩余水量；
- 观察时间分别为 10 min、20 min、30 min、1 h、2 h。

(3) 适用范围

本方法适用于各种平面缝隙及边角缝隙的渗漏检测，不适用管道等其他类型装置/区域渗漏检测。

A.2.4 自动连接装置检测

(1) 方法原理

自动连接装置将污水检查井进水管和出水管连接，使连接后的污水检查井成为独立的单元，对该独立单元进行渗漏及渗漏量检测。

(2) 技术流程

- 将井口打开，检测井内有毒有害气体含量合格后，作业人员穿戴安全防护设施进入井内；
- 用自动连接装置将进水管连接密封；
- 将污水检查井管线封闭后，向井内注入一定量的水，定时观察、记录井中剩余水量。

(3) 适用范围

本方法适用于各种有进出水管的检查井的渗漏检测，不适用无管口设备井的检测。

A.2.5 密封装置检测

(1) 方法原理

定压定量的条件下检测一段管道内的渗漏量。一端采用带刻度的玻璃检测器，另一端采用带有压力表和放空管的刚性密封器，并设有进水管，在一定压力的情况下测量该段管道的渗漏量，见下图。

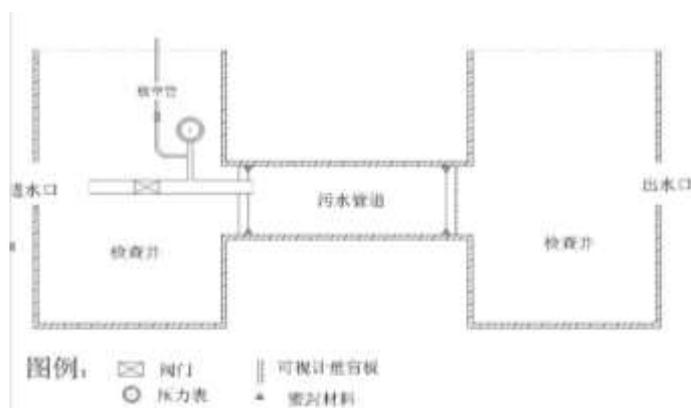


图 A.2 污水管道渗漏检测计量示意图

(2) 技术流程

- a. 前期工作准备；
- b. 选取两口检查井之间的管道进行检测；
- c. 将其中一口检查井的出水管道一端安装带有放空管和压力表及注水管的装置；
- d. 在另一检查井的出水管上安装带有玻璃刻度的装置；
- e. 往该段污水管道内注满水；
- f. 通过玻璃刻度记录渗漏量（时间分别为 2 h、4 h、12 h、24 h）。

(3) 适用范围

本方法适用于定压定量条件下某段管道内渗漏量的检测，不适用非定压定量管道及无管道装置/单元的检测。

A.2.6 扩散管法

(1) 方法原理

将能够透过气体的管路埋在衬层下的土壤中，一个运转周期后，由于渗滤液蒸汽进入管路，可以通过抽出管内气体探测记录污染物浓度，从而达到检测渗漏的目的。因为从渗漏扩散出的渗滤液蒸汽在土壤中按照一定的体积比例进入管内，所以分析管内水蒸汽中污染物的浓度可以近似得到渗漏规模。

(2) 技术流程

- a. 前期工作准备；
- b. 具备条件后将管路埋在衬层下的土壤中；
- c. 运行使用中通过抽出管内气体探测记录污染物浓度；
- d. 根据污染物浓度检测渗漏；
- e. 分析管内水蒸汽中污染物的浓度可以近似得到渗漏规模。

(3) 适用范围

本方法仅适用于有预埋管路的有毒有害介质管道检测。

A.2.7 电容传感器法

(1) 方法原理

电容传感器法是通过测量土壤绝缘常数的变化来检测渗漏。当土壤因渗漏而变得潮湿，绝缘常数会增加，测试一个区域土壤绝缘常数的变化可知是否有渗漏出现。电容传感器是根据其探头周围土壤绝缘常数在某一个谐波频率下共振得到的频率，由校准曲线可确定湿度。该方法在操作过程中应注意通过电容传感器得到的湿度需要进行换算。

(2) 技术流程

- a. 前期工作准备；
- b. 将传感器探头埋入检测区域周围土壤；
- c. 探头根据土壤绝缘常数在某一个谐波频率下共振；
- d. 根据得到的频率，形成校准曲线；
- e. 根据校准曲线确定湿度。

(3) 适用范围

本方法仅适用于有毒有害介质管道检测，且被检测管道外壁不可硬化。

A.2.8 示踪剂法

(1) 方法原理

示踪剂法是将采样收集探针插入填埋场周边近地面的土壤中，并把一种挥发性化学示踪剂注入垃圾填埋坑中，如果探针检测到示踪剂，则表明有渗漏。该方法的优点为可用于任何填埋物和填埋场任何阶段的检测；其缺点为大多数示踪系统不能发现渗漏位置，只能确定是否存在渗漏。另外，系统自动收集、分析样品的技术还未成熟，一些系统需要技术人员对土壤气体进行人工收集和分析。

(2) 技术流程

- a. 前期工作准备；
- b. 将采样收集探针插入填埋场周边近地面的土壤中；
- c. 把一种挥发性化学示踪剂注入垃圾填埋坑中；
- d. 根据是否检测到示踪剂，判断是否渗漏。

(3) 适用范围

本方法适用于任何填埋物和填埋场任何阶段的渗漏检测，但很难确定渗漏位置。

A.2.9 电化学感应电缆法

(1) 方法原理

电化学感应电缆法主要是利用目标污染物能引起感应电缆的物理和化学变化，这些变化引起或干扰光电信号，通过测量由于与污染物接触导致的电压降来检测渗漏，特别适用于检

测含有碳氢化合物的填埋场。该方法的优点为电缆发生的反应大多数是可逆的，所以电缆可以利用可逆反应再生而不需要在出现渗漏后被替换。该方法的缺点为电缆只能检测特定种类污染物，每个填埋场必须安装特殊的电缆来检测渗滤液的不同成分。

(2) 技术流程

- a. 前期工作准备；
- b. 具备条件后将感应电缆埋在衬层下的土壤中；
- c. 观察感应电缆的物理和化学变化；
- d. 根据变化引起或干扰光电信号；
- e. 通过测量由于与污染物接触导致的电压降来检测渗漏。

(3) 适用范围

本方法仅适用于含有碳氢化合物的填埋场的渗漏检测。

A.2.10 电学法

(1) 双电极法

双电极法是利用渗滤液或地下水的导电性和 HDPE 的绝缘性来实现的。在填埋坑中放置一个发射电极，在填埋坑以外的近地面的土壤中放置一个接收电极。当土工膜没有渗漏时，给两个电极加一定的电压，不能形成回路，无电流；当有渗漏时，电流就可以把渗滤液或地下水作为导体穿过渗漏处从而形成回路，显示一定的电流值。该方法的优点为不需要预先在衬层下安装任何传感器；其缺点为只能检测到有无渗漏，不能检测到渗漏的大小、位置和数量。

电极-偶极子法(改良的双电极法) 如图 A.3 所示：在填埋场外放 1 个回流电极，场内放 1 个发生电极和 1 个移动检测电极对(偶极子)。通过给发生电极和回流电极加一电压，当衬层有渗漏时，移动检测电极两端就会有一定的电压显示。通过由移动检测电极测得的电压数据及电压分配图，可以判断渗漏的位置和数量。该法适用于在没填垃圾前的衬层施工验收。

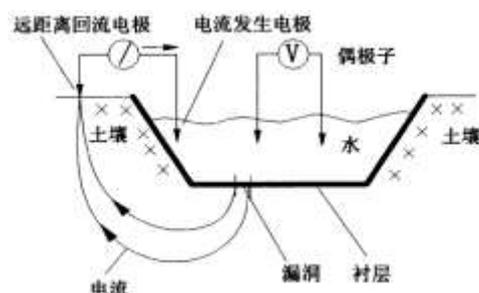


图 A.3 电极-偶极子法示意图

(2) 电极格栅法

电极格栅法是利用渗滤液较地下水具有更好导电性来实现的。施工时在土工膜下安装电极格栅(用导线制成的格栅，每根导线上都按一定的距离有若干电极)，当有渗漏发生时，被渗滤液浸湿的电极显示出比没有被浸湿的电极较高的电压，有较多渗滤液的地区比渗滤液

较少地区的电压高。根据绘制的电压分配图可以判断渗漏的位置、大小和数量。该方法的优点为组件简单、耐用，可监测衬层下的完整区域；其缺点为不适用于已建好的垃圾填埋场，因为电极格栅必须在施工时放入填埋单元。

A.2.11 地下水监测法

(1) 方法原理

地下水监测法主要是在装置/单元不适用上述检测方法或现场条件无法开展其他检测方法时，可通过布置地下水监测井的方法，判定地下水污染源的渗漏情况。

(2) 技术流程

按照 HJ/T 164 在污染源周边布置地下水监测井，监测地下水污染情况。

附录 B (资料性附录)

典型防渗技术类型及施工工艺

B.1 典型地面防渗技术类型及施工工艺

B.1.1 地面防渗技术类型

地面防渗技术按照所采用的防渗材料类型，主要分为压实黏土防渗、混凝土防渗、高密度聚乙烯土工膜防渗、钠基膨润土防水毯（GCL）防渗或其他防渗性能等效的材料防渗。

B.1.1.1 压实黏土防渗

压实黏土防渗是采用符合要求的黏土作为防渗层施工，黏土压实后的渗透系数不应大于 1.0×10^{-7} cm/s，并应符合 CJJ176、GB/T 50934、GB 50869 等各领域现行相关标准规范要求。

B.1.1.2 混凝土防渗

混凝土防渗是指在防渗混凝土（可采用防渗素混凝土、防渗钢筋混凝土和防渗钢纤维混凝土）内掺加水泥基渗透结晶型防水剂或表面刷水泥基渗透结晶型防水涂料、喷涂聚脲等构成防渗层，并应符合 GB/T 50934、《水泥基渗透结晶型防水材料》（GB 18445）等各领域现行相关标准规范要求。

B.1.1.3 高密度聚乙烯土工膜防渗

高密度聚乙烯土工膜是以（中）高密度聚乙烯树脂为原料生产的一种防水阻隔型材料，具有优良的耐环境应力开裂性能，抗低温、抗老化、耐腐蚀性能，以及较大的使用温度范围和较长的使用寿命，并应符合 GB 50869、CJJ 113、《垃圾填埋场用高密度聚乙烯土工膜》（CJ/T 234）等各领域现行相关标准规范要求。

B.1.1.4 钠基膨润土防水毯防渗

钠基膨润土防水毯是以钠基膨润土为主要原料，采用针刺法、针刺覆膜法或胶粘法加工制成的毯状防水材料，并应符合 CJJ 113、《钠基膨润土防水毯》（JG/T 193）等各领域现行相关标准规范要求。

B.1.2 地面防渗技术施工工艺

B.1.2.1 压实黏土防渗

压实黏土防渗层的施工主要是采用机械碾压，应符合下列要求：

- （1）施工时，应严格控制含水率和干密度，黏土的含水量应控制在最优含水量 $\pm 2\%$ 的范围内，以达到防渗和抗剪强度的要求；
- （2）填筑施工前应通过碾压试验确定达到施工控制指标的压实方法和碾压参数，包括含水率、压实机械类型和型号、压实遍数、速度及松土厚度等；
- （3）当压实黏土防渗层位于自然地基之上时，基础层应符合相应规范标准要求；

(4) 当压实黏土防渗层铺于土工合成材料之上时，下卧土工合成材料应平展，并应避免碾压时被压实机械破坏；

(5) 压实黏土应主要采用无振动的羊足碾分层压实，表层应采用滚筒式碾压机压实，并应分层检验；

(6) 松土厚度宜为 200 mm~300 mm，压实后的填土层厚度不应超过 150 mm；

(7) 各层应每 500 m² 取 3~5 个样进行含水率和干密度测试；

(8) 在后续层施工前，应将前一压实层表面拉毛，拉毛深度宜为 25 mm，可计入下一层松土厚度。

B.1.2.2 混凝土防渗

混凝土防渗处理，一般采用水泥基渗透结晶型防水涂料进行施工。水泥基渗透结晶型防水涂料的施工主要是指将水泥基渗透结晶型防水材料与水按一定比例混合搅拌均匀后，涂刷或喷涂在混凝土表面，形成防渗层。应符合下列要求：

(1) 施工前应清除基层表面杂质，并对气孔、蜂窝麻面等缺陷进行修补，光滑的混凝土表面应打毛，并用高压水枪冲洗干净，混凝土基层应充分润湿，不应有明水；

(2) 施工环境温度应在 5℃~35℃，不宜在雨天、五级以上大风环境下施工，涂料固化前应采取防雨措施；

(3) 涂层应分层均匀涂刷或喷涂；

(4) 涂层施工完毕后应覆盖，并喷水养护，每天喷水养护不应少于 3 次，时间不应少于 5 天。

B.1.2.3 高密度聚乙烯土工膜防渗

高密度聚乙烯土工膜防渗的施工是采用热熔焊接机或挤压焊接机将高密度聚乙烯土工膜焊接在一起，形成一个完整的防渗结构。施工方法主要包括热熔焊接和挤压焊接。施工时应符合下列要求：

(1) 防渗层的基础处理应符合 CJJ 113 的规定；

(2) 坡度大于 30°时不应有水平接缝；

(3) 焊接前应清除接缝处的油污、灰尘、泥沙等杂物，并应进行试焊，确定焊接温度、速度和压力等参数；

(4) 采用热熔焊接时搭接宽度不应小于 80 mm，挤压焊接时搭接宽度不应小于 55 mm。

B.1.2.4 钠基膨润土防水毯防渗

钠基膨润土防水毯防渗一般采用品字拼接进行施工，施工时应符合下列要求：

(1) 坡度大于 1:2 时，不应出现水平搭接；

(2) 自然搭接宽度不应小于 250 mm，搭接处应用膨润土进行密封；

(3) 铺设时应采取防雨措施，不应遇水而发生前期水化。

B.2 典型垂直防渗技术类型及施工工艺

B.2.1 垂直防渗技术类型

垂直防渗技术主要考虑工艺的适用性、防渗性能、抗变形性能、稳定性、抗腐蚀性及耐久性，在此基础上再考虑施工难度、工程造价等综合因素，主要分为刚性垂直防渗技术、塑性垂直防渗技术和柔性垂直防渗技术。

B.2.1.1 刚性垂直防渗技术

传统刚性垂直防渗技术的主要原材料是水泥。其缺点是在外力（地震、沉降、干缩等）作用下易断裂、破损，抗变形能力差；水泥的抗腐蚀性能较差，一旦腐蚀，防渗性能将大大降低；而且此种材料耐久性不好，不能长期使用。目前，刚性垂直防渗技术主要包括静压注浆法、高压喷射注浆法、深层搅拌法、开槽法、振击法等类型。

（1）静压注浆法

以一定压力将浆液（一般以水泥为主要载体）灌入岩体或土层的裂隙、孔隙，形成连续的防渗帷幕。该法主要应用于裂隙岩层或砂砾石土质。正式施工前应进行灌浆试验，以取得灌浆参数。

（2）高压喷射注浆法

在预先钻进的孔中向四周土体喷射高压水和气体对土体进行切割破坏，然后向孔中喷入高压浆液，浆液与土体混合凝结形成一道高喷防渗墙。该法会产生部分泥浆，对环境造成污染，需进行专门处理。该法主要适用于淤泥质土、粉质黏土、粉土、砂土、砾石、卵（碎）石等松散透水地层，对含有较多漂石或块石地层，应进行现场试验，确定其适用性。正式施工前应进行试喷，以取得喷射参数。

（3）深层搅拌法

利用深层搅拌机对较为松散的土层与注入的水泥浆进行强制搅拌，完成后会形成圆柱形的水泥土桩，各桩相互搭接即形成了一个连续的水泥土防渗墙。该法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土、黏性土以及无流动地下水的饱和松散砂土等。正式施工前应进行施工试验，取得施工参数。

（4）开槽法

采用开槽机械，沿帷幕轴线，在泥浆护壁条件下，开挖出狭长深槽，清槽后在槽内吊放钢筋笼，然后用导管法灌注水下混凝土筑成一个单元槽段，如此逐段进行，在地下筑成一道连续的钢筋混凝土墙，作为截水、防渗结构。

（5）振击法

由许多互相连接的钢板单体所构成，采用振击法将钢板单体振入到地下，钢板两端由接头相连，形成一道简易、临时的止水帷幕。应符合下列要求：

- a. 钢板桩的设置位置要符合设计要求，在边缘外要留有施工作业面；
- b. 钢板桩的平面布置形状应尽量平直整齐，避免不规则的转角，以便标准板桩的利用

和支撑设置，各周边尺寸尽量符合板桩模数：

- c. 钢板桩的规格参数参考《热轧钢板桩》（GB/T 20933）。

B.2.1.2 塑性垂直防渗技术

（1）塑性混凝土墙

塑性混凝土墙是用黏土或膨润土取代普通混凝土中的大部分水泥形成的一种墙体（含粗骨料）。塑性混凝土比普通混凝土或黏土混凝土的弹性模量小得多，与周围土体的变形模量相近。应符合下列要求：

- a. 塑性混凝土用水应符合《混凝土用水标准》（JGJ 63）的规定；
- b. 塑性混凝土用水泥应符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的规定，拌制塑性混凝土不宜选用火山灰质硅酸盐水泥；
- c. 塑性混凝土所用的膨润土应符合《膨润土》（GB/T 20973）中“未处理膨润土”的质量标准；
- d. 塑性混凝土中的黏性土在湿掺（泥浆）时的黏粒含量宜大于 50%，干掺时的黏粒含量宜大于 35%，含砂量均宜小于 5%；
- e. 当墙厚不大于 400 mm 时，粗骨料应选用粒径为 5 mm~20 mm 的连续级配料；当墙厚大于 400 mm 时，粗骨料的最大粒径不宜大于 40 mm，其中粒径为 20 mm~40 mm 的用量不应大于总用量的 50%；
- f. 粉煤灰应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB/T 1596）的规定，并选用 I 级或 II 级粉煤灰；
- g. 塑性混凝土中的水泥用量不应少于 80 kg/m³，膨润土的用量不应少于 40 kg/m³，含砂量不应低于 45%，水胶比宜为 0.85~1.20；
- h. 塑性混凝土拌合物的密度不应小于 2100 kg/m³；泌水率应小于 3%；入孔坍落度应为 180 mm~220 mm，扩展度应为 340 mm~400 mm；坍落度保持 150 mm 以上的时间不应小于 1 h；
- i. 塑性混凝土 28d 抗压强度应为 0.8 MPa~5.0 MPa；
- j. 弹性模量宜为防渗墙周围介质弹性模量的 1~5 倍且不应大于 2000 MPa；
- k. 其他技术要求可参照《现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规范》（JGJ/T 291）执行。

（2）膨润土泥浆墙

膨润土泥浆墙是以膨润土为主要防渗材料，掺加土或水泥而形成的泥浆墙防渗帷幕（不含粗骨料）。该法比塑性混凝土达到的防渗性能更高，抗变形性更好。应符合下列要求：

- a. 膨润土泥浆墙用水泥应符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的规定；
- b. 膨润土泥浆墙所用的膨润土应符合《膨润土》（GB/T 20973）中“未处理膨润土”的质量标准；
- c. 根据腐蚀性视情况加入外加剂，外加剂质量应符合《水工混凝土外加剂技术规程》

(DL/T 5100) 的要求:

d. 用水应符合《水工混凝土施工规范》(DL/T 5144) 用水的规定。

B.2.1.3 柔性垂直防渗技术

一般以高密度聚乙烯(HDPE)土工膜为主要防渗材料,侧面配有独特的互锁设计,内置止水条,同时底部设置了密封材料与地质构造层中的相对不透水层相连,能全面的封堵和阻隔污染现场。该防渗技术具有化学性能稳定、渗透性低、耐水溶、抗变形、使用寿命长等特点。在特殊地质、腐蚀性强、环保要求高的区域建议采用此技术。应符合下列要求:

- (1) 高密度聚乙烯土工膜防渗墙的开槽宽度不宜小于 30 cm, 不宜大于 150 cm;
- (2) 高密度聚乙烯土工膜防渗墙宜嵌入渗透系数不大于 1.0×10^{-7} cm/s 的隔水层中, 当隔水层埋深很大无法嵌入时, 可采用悬挂式帷幕, 其深度不应小于临界插入深度;
- (3) 其他技术要求可参照 CJJ 176 执行。

B.2.2 垂直防渗技术施工工艺

B.2.2.1 静压注浆法

静压注浆法是借助低压,通过注浆管把能凝结固化的浆液注入地层孔隙中,浆液以填充、渗透或挤密等方式,赶走土颗粒间或岩石裂隙中的水分和空气后占据其位置,待浆液凝结充塞孔隙或裂缝,将原来松散的颗粒胶结成结构强度大、防渗性能好的防渗层。应符合下列要求:

- (1) 帷幕灌浆应按分序加密的原则进行施工;
- (2) 帷幕灌浆孔的钻孔方法应根据地质条件和灌浆方法确定。当采用自上而下分段灌浆法、孔口封闭灌浆法时,宜采用回转式钻机和金刚石或硬质合金钻头钻进;当采用自下而上分段灌浆法时,宜采用冲击回转式钻机或回转式钻机钻进;
- (3) 灌浆孔位与设计孔位的偏差应不大于 10 cm, 孔深应不小于设计孔深, 实际孔位、孔深应有记录;
- (4) 灌浆孔孔径应根据地质条件、钻孔深度、钻孔方法和灌浆方法确定;
- (5) 帷幕灌浆先导孔应自上而下分段进行压水试验;
- (6) 帷幕灌浆段长一般可为 5 m~6 m, 岩体完整时可适当加长, 但最长不应大于 10 m; 岩体破碎孔壁不稳时, 段长应缩短;
- (7) 灌注普通水泥浆液时, 浆液水灰比可分为 5、3、2、1、0.8、0.5 等六个比级, 灌注时由稀至浓逐级变换;
- (8) 各灌浆段结束条件应根据地质和水文地质条件、浆液性能、灌浆压力、浆液注入量和灌浆段长度等确定。一般情况下, 当灌浆段在最大设计压力下, 注入率不足 $1 \text{ L}/(\text{m} \cdot \text{min})$ 后, 继续灌注 30 min, 即可结束灌浆;
- (9) 灌浆孔灌浆结束后, 应使用水灰比为 0.5 的浆液置换孔内稀浆或积水, 采用全孔灌浆法封口;

(10) 帷幕灌浆施工参数记录宜采用自动记录仪记录；

(11) 其他技术要求可参照《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(DL/T 5148) 执行。

B.2.2.2 高压喷射注浆法

高压喷射注浆法是利用钻机引孔至设计深度后，将喷具下至设计深度，通过高压水切割造槽，控制喷嘴摆角，压缩空气保护水射流射程，经过切割、搅拌、升扬置换等作用，利用水泥浆液充填槽孔，形成水泥石固结体防渗墙。应符合下列要求：

(1) 高喷注浆钻孔可采用回转钻进、冲击钻进、冲击回转钻进和振动、射水钻进等方法，钻孔孔位与设计孔位偏差不得大于 50 mm；

(2) 钻孔的有效深度应超过设计深度 0.3 m；

(3) 高喷注浆宜全孔自下而上连续作业，需中途拆卸喷射管时，搭接段应进行复喷，复喷长度不得小于 0.2 m；

(4) 高喷注浆施工参数记录可采用自动记录仪记录；

(5) 其他技术要求可参照《水电水利工程高压喷射灌浆技术规范》(DL/T 5200) 执行。

B.2.2.3 深层搅拌法

深层搅拌法是通过深层搅拌机械，就地将土体和固化剂（多数用水泥浆或水泥干粉）强制拌和，使土体硬结成具有整体性、水稳性和一定强度的防渗层。应符合下列要求：

(1) 深层搅拌法用于防渗墙施工时，主要施工方式有一次成墙、二次成墙等方式，主要施工工序包括：

- a. 搅拌机就位、调平；
- b. 钻进下沉至设计深度；
- c. 边喷浆、边搅拌至预定停浆面；
- d. 重复搅拌下沉至设计深度；
- e. 重复喷浆搅拌至停浆面；
- f. 重复 a~e 工作步骤；

(2) 为保证搅拌桩的垂向度，起吊设备应保持平稳和导向架垂直；

(3) 搅拌机预搅下沉时，根据土体条件和工艺试验选用钻进下沉、喷浆搅拌下沉、适量冲水搅拌下沉；

(4) 施工过程中因故停浆，停工时间不超过 8 h~24 h，恢复施工时应将搅拌机下沉至停浆搅拌点以下 0.5 m，再搅拌提升；

(5) 搅拌施工时，停浆面应高出设计桩顶高程 0.3 m~0.5 m；

(6) 水泥石防渗墙与已有建筑物之间的连接可采用高压喷射注浆、钻孔回填黏土或灌注水泥砂浆等方式；

(7) 其他技术要求可参照《深层搅拌法技术规范》(DL/T 5425) 执行。

B.2.2.4 开槽法

开槽法是利用开槽设备，在泥浆护壁条件下，开挖出狭长深槽并进行清槽，在槽内浇筑混凝土、膨润土泥浆或插入土工膜，形成止水帷幕。该方法适用于刚性、塑性、柔性垂直防渗技术，相关技术要求可参考 DG/TJ 08-2073 和《现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规范》（JGJ/T 291）执行。主要工艺流程如下：

- （1）平整施工平台：施工平台开工前用推土机推压平坦坚实、稳定，防止不均匀沉陷，同时便于浇筑施工；
- （2）平面定位：根据设计图纸设置垂向防渗墙轴线控制点，再根据垂向防渗墙轴线控制点设置导墙施工控制线；
- （3）导墙开挖及支护：导墙的作用主要为抓斗成槽时起导向及维护护壁泥浆一定高度的作用，另外还承担支撑挡土箱、插膜等辅助作用；
- （4）便道施工：沿平行于垂向防渗墙中心线铺设施工便道，进行密实碾压，确保能承受重型机械施工荷载，以满足成槽机及插膜起吊设备作业需要及质量的控制；
- （5）机械就位：抓斗挖槽机械安装就位；
- （6）泥浆配制：泥浆用于支撑孔壁，稳定地层，悬浮、携带钻渣，冷却和润滑钻具等作用；
- （7）机械开槽：当导槽中充满泥浆时，即可进行挖土成槽。挖槽过程中随时进行垂向度、泥浆比重等的检测，并密切注意成槽过程中的异常情况，发现问题及时处理；
- （8）成槽清孔：清槽时清除回落在孔底的沉渣，将含有土渣的泥浆通过循环置换成合格的固壁泥浆；
- （9）土工膜铺设：初始成槽后将已焊接成整体的高密度聚乙烯土工膜置入槽内，为了保证铺膜深度，一般要求高密度聚乙烯土工膜底部进入下部相对隔水层深度不小于 2.0 m。在上一幅高密度聚乙烯土工膜铺设完成之前，将下一幅高密度聚乙烯土工膜置入槽内，与上一幅土工膜进行互锁连接，同时底部灌注防渗材料，全面的封堵和阻隔污染区域；
- （10）回填土成墙：高密度聚乙烯土工膜铺设完成后及时从膜的两侧向槽内回填砂土或粘性土。

B.2.2.5 振击法

振击法是通过大功率、高频率振动锤以一定方式将防渗材料振入到土体设计深度，防渗材料两侧由接头相连，形成单元防渗体。振击法主要用于钢板桩和高密度聚乙烯土工膜防渗墙施工。

以振击法构筑高密度聚乙烯土工膜防渗墙的主要工艺流程如下：

- （1）将高密度聚乙烯土工膜用嵌板扞入钢板，经由振动的方式直接插入土层；
- （2）在高密度聚乙烯土工膜末端准备锁孔，将特制扞入钢板对准插入锁孔；
- （3）利用振动锤经由振动的方式将高密度聚乙烯土工膜和扞入钢板插入下部的相对不

透水层，最后将钢板拔出；

(4) 在安装下一片高密度聚乙烯土工膜之前，将止水条压进连锁装置空腔，再经由振动将连锁装置扣在一起插入土层，如此反复直至施工完成，形成高密度聚乙烯土工膜防渗墙。

B.3 典型地面施工缝防渗技术类型及施工工艺

B.3.1 地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗类型

依据 GB/T 50934，防渗工程地面一般建设填充所用密封材料主要包括嵌缝板、背衬材料、嵌缝密封料，密封材料一旦开裂，污染物料便可通过裂缝渗漏到地下，没有污染收集时间。因此，根据是否具备新建防渗工程的条件，将地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗分为典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗和典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗改造。

B.3.1.1 典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗

典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗可采用符合要求的 HDPE 通用型复合止渗堰防渗层施工。

HDPE 通用型复合止渗堰是以高密度聚乙烯树脂为原料生产的一种防水阻隔型自粘材料与铁皮复合而成的新型防渗材料。倒 U 型伸缩凸起设计具有优良的耐环境应力开裂性能，抗低温、抗老化、耐腐蚀性能，以及较大的使用温度范围和较长的使用寿命。应符合下列要求：

- (1) 渗透系数不应大于 1.0×10^{-13} cm/s；
- (2) 一般防渗区 HDPE 通用型复合止渗堰防渗层厚度不应小于 1.3 mm，其中使用的 HDPE 厚度不小于 1.0 mm，铁皮厚度不小于 0.3 mm；重点防渗区 HDPE 通用型复合止渗堰防渗层厚度不应小于 1.5 mm，其中 HDPE 厚度不小于 1.2 mm，铁皮厚度不小于 0.3 mm；
- (3) HDPE 通用型复合止渗堰防渗层的倒 U 型伸缩凸起的高度不应低于 55 mm，倒 U 型伸缩凸起宽度不应小于 25 mm；
- (4) HDPE 通用型复合止渗堰防渗层的堰尾不应小于 20 mm，堰尾与倒 U 型伸缩凸起之间的宽度不应小于 150 mm。

B.3.1.2 典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗改造

典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗改造是指在地面不开挖的条件下铺设复合柔性防渗层的工程，复合柔性防渗层主要包括上下保护层和防渗层，中间防渗层采用柔性可移动的止渗粉。应符合下列要求：

- (1) 渗透系数不应大于 1.0×10^{-9} cm/s；
- (2) 止渗粉的上、下应设置保护层，可采用长丝无纺土工布，下层保护层可采用不含尖锐颗粒的砂层；
- (3) 一般防渗区防渗层厚度不应小于 25 mm，上下保护层土工布克重不应小于 450 g/m²；重点防渗区防渗层厚度不应小于 35 mm，上下保护层土工布克重不应小于 600 g/m²；

(4) 止渗粉密度为 $0.3 \text{ g/cm}^3 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$;

(5) 止渗粉应根据污染介质选择不同性能的产品，包括砂、石、矿物掺合料、外加剂等，且应符合国家现行标准的有关规定。

B.3.2 地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗技术施工工艺

B.3.2.1 典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗

典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗层施工主要是采用热熔焊接机或挤压焊接将 HDPE 通用型复合止渗堰焊接在一起，形成一个完整的防渗结构。主要有热熔焊接和挤压焊接两种施工方法，铺设施工时应符合下列要求：

(1) 防渗层的基础处理应符合 GB/T 50934 的规定；

(2) 焊接前应清除接缝处的油污、灰尘、泥沙等杂物，并应进行试焊，确定焊接温度、速度和压力等参数；

(3) 施工时，应严格控制接口搭接宽度，采用热熔焊接时的搭接宽度不应小于 60 mm，挤压焊接时的搭接宽度不应小于 50 mm；

(4) 使用模板将 HDPE 通用型复合止渗堰铺设在施工缝的位置；

(5) 污水沟、围堰、桩柱边缝及角缝应使用单边 HDPE 通用型复合止渗堰，且将其与污水沟铺设的 HDPE 及围堰、桩柱提前预埋的 E 型锁焊接形成防渗层。

使用 HDPE 通用型复合止渗堰，主要工艺如下：

(1) 对地面进行处理，地面要求干净平整无碎石、无凹陷或凸起；

(2) 闭孔泡沫板放入止渗堰倒 U 型槽内，把止渗堰铺设在预留施工缝位置；

(3) 用钢筋或其他硬质材料制成固定架对止渗堰进行固定，然后在止渗堰倒 U 处镶嵌与止渗堰倒 U 厚度一致的木条；

(4) 浇筑混凝土，待混凝土半干后将木板取出，并进行填充处理。



图 B.1 典型地面施工缝施工示意图

B.3.2.2 典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗改造

典型地面施工缝（围堰、桩柱边缝及角缝等）防渗改造主要是将已经开裂的施工缝使用机械清理，施工缝基层处理平整后，在施工缝内铺设防渗材料的过程。应符合下列要求：

- （1）施工前应清理施工缝，清除施工缝基层表面杂质，对麻面等缺陷进行修补，并用高压水枪冲洗干净，施工缝基层应充分干燥，不应有水；
- （2）施工环境不宜在雨天、五级以上大风环境下施工，防渗层未覆盖前应采取防雨措施；
- （3）防渗层应均匀铺设可移动的止渗粉，并迅速进行上保护层铺设；
- （4）可移动的止渗粉防渗层施工完毕后应覆盖并压实；
- （5）铺设上保护层后应在施工缝内填充嵌缝密封料。

B.4 典型内衬防渗技术类型及施工工艺

B.4.1 内衬防渗技术类型

内衬防渗技术根据使用部位不同，主要分为埋地管线内衬防渗技术、污水检查井（池）内衬防渗技术。

B.4.1.1 埋地管线内衬防渗技术

埋地管线内衬防渗技术是在现有的旧管道内壁上衬一层浸渍液态热固性树脂的软衬层，通过加热（利用热水、热汽或紫外线等）或常温使其固化，形成与旧管道紧密配合的复合管，而管道断面没有损失，但流动性能大大改善。其具有如下特点：

- （1）利用检查井或开挖较小的工作坑即可修复局部管段或整条管线，施工占地面积小，对周边环境影响小；
- （2）过流断面损失小，内衬层光滑、连续，降低了管道的表面粗糙度，提高了管道的过流能力；
- （3）管道泄漏不用大面积开挖，利用检查井内有限作业面积便可完成；
- （4）可用于带弯头（不大于 90°弯头）、有变形部位、非圆形断面的管道修复；
- （5）内衬层和原管道紧紧的贴合在一起，提高管道运行压力（max 1.72 MPa）；
- （6）施工速度快（一次施工长度可达 900 m），成本低，工期短。

B.4.1.2 污水检查井内衬防渗技术

根据污染介质可采用 HDPE 内衬井、丁晴橡胶内衬井，并用钢制密封件将进出水管穿过内衬处、内衬与井壁连接处、井底与内衬底部连接处固定处理，形成连续密封的内衬结构。在井内管口和连接处需采用柔性或流动性止渗材料进行防渗处理。检查井内衬防渗主要包括底板、井室、管口和抗浮固定，污水检查井内衬防渗层使井内形成密闭的独立空间，全面的封堵和阻隔污染物外渗和井外流体进入井内。该技术具有化学性能稳定、渗透性低、阻燃、抗变形、使用寿命长、便于维护等特点，适用于腐蚀性强、稳定性差、环保要求高、不需要停产的污水检查井。应符合下列要求：

- (1) 渗透系数不应大于 1.0×10^{-13} cm/s;
- (2) HDPE 膜材料应符合《土工合成材料 聚乙烯土工膜》(GB/T 17643) 要求;
- (3) 抗浮固定的钢固定件应符合《流体输送用不锈钢无缝钢管》(GB 14976) 要求;
- (4) 抗浮固定的钢筋混凝土中的厚度不宜大于 200 mm;
- (5) 内衬 HDPE 膜的厚度不宜小于 1.5 mm;
- (6) 管口的钢密封件在石油化工企业应选用不锈钢材质;
- (7) 管口的钢密封件贴近井室部分应有柔性垫层;
- (8) 污水检查井内衬防渗层底部 HDPE 膜应设有上下保护层。

B.4.2 内衬防渗技术施工工艺

B.4.2.1 埋地管线内衬防渗技术施工工艺

埋地管线内衬防渗技术修复旧管道是新建管道费用的 60%~70%，且修复后的管线为原管和玻璃钢管的复合结构，其防腐和承压性能优于单一管材，使用寿命 30~50 年。该技术一般分为拖入法和翻转法两种施工方式。应符合下列要求：

- (1) 对原有管道进行清理;
- (2) 树脂配置应根据原位管管材合理调配;
- (3) 树脂应符合聚乙烯 (PE) 国家标准《聚乙烯 (PE) 树脂》(GB/T 11115);
- (4) 使用机械进行软管侵蚀树脂应控制速度，使树脂侵蚀均匀;
- (5) 软管拖入应避免尖锐物体刺破软管;
- (6) 用紫外线或涨管热水将衬在管线内的内衬管固化在管道内壁;
- (7) 固化后端口应进行处理。

B.4.2.2 检查井 (池) 内衬防渗技术施工工艺

检查井 (池) 内衬防渗是对检查井内清理后，将提前预制的内衬放入井内安装，通过内衬旋转将进出水管套入预留口，控制裁剪误差，并将内衬贴实后，利用钢密封件对管口进行密封并在空隙处充填防渗粉，形成复合内衬防渗层。应符合下列要求：

- (1) 清理工作场地，保持污水井内清洁，无油污、污泥，并相对干燥，无严重突出硬物，无严重的凹凸不平;
- (2) 清理完成后将井内梯子切掉后突出部分应进行处理，不得存有尖锐工作面;
- (3) 测量井内各相关尺寸，误差不得大于 10 mm;
- (4) 根据污水检查井深度和所在地地下水的水位高度应合理采取抗浮措施;
- (5) 井室固定件宽度、厚度根据井的深度和地下水位高度计算抗浮标准后确定 (一般为宽度 20 mm~80 mm，厚度 20 mm~50 mm)，安装不锈钢膨胀圈固定，应根据实际情况调整避开钢梯断裂面;
- (6) 其他固定件、支撑件、连接件厚度不应低于 1.2 mm。

检查井 (池) 内衬防渗的主要工艺如下：

- (1) 根据现场条件采用厚度为 1.0 mm~2.0 mm HDPE (阻燃) 膜, 按实际尺寸制作成型;
- (2) 在检查井底部铺设 20 mm 厚的止渗粉, 用土工布覆盖;
- (3) 将内衬井放入检查井内, 用固定件安装固定, 对进出水管做密封处理;
- (4) 工艺完成后检查各施工节点。

附录 C
(资料性附录)

典型污染源污染控制难易程度分级表

C.1 典型行业工业企业污染控制难易程度分级

C.1.1 精炼石油产品制造业污染控制难易程度分级

根据精炼石油产品制造业的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.1 精炼石油产品制造业污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	区域及部位	污染控制难易程度	备注
1	主体装置工程区			
1.1	各种污水井及污水池	检查井、水封井、检漏井及污水池底板及壁板	●	针对可敞开
1.2	污水预处理	污水预处理池的底板及壁板	●	
1.3	储焦池	储焦池的底板及壁板	●	
1.4	液硫池	液硫池的底板及壁板	◎	需要考虑防腐
1.5	污水沟	机泵边沟、压缩机的油站、水站边沟和污水明沟的底板及壁板	◎	
1.6	地面	主体装置区的地面	◎	
2	储运工程区			
2.1	油品储罐区			
2.1.1	原料油、轻质油品、液体化工品等储罐区	环墙式和护坡式罐基础	●	
		承台式罐基础	◎	
2.2	油泵及油品计量站	油泵及油品计量站界区内的地面	◎	
2.3	油品装卸车			
2.3.1	铁路、汽车装卸车	装卸车栈台界区内的地面	◎	
2.3.2	油气回收设施	油气回收设施界区内的地面	◎	
2.3.3	铁路槽车洗罐站	洗罐站界区内的地面	◎	
2.4	地下罐	地下凝液罐、污油罐、废溶剂罐等基础的底板及壁板	●	
2.5	埋地管道	污水、污油、溶剂等埋地管道	●	
2.6	系统管廊	系统管廊集中阀门区的地面	◎	
3	公用工程区			

序号	装置(单元、设施)名称	区域及部位	污染控制难易程度	备注
3.1	动力站			
3.1.1	湿法除灰工艺的储灰池、冲灰沟	储灰池的底板及壁板, 冲灰沟的底板及壁板	●	
3.1.2	锅炉事故油池	事故油池的底板及壁板	●	
3.1.3	排污池、地坑	排污池及地坑的底板及壁板	●	
3.2	事故油池	事故油池的底板及壁板	●	
3.3	化学水处理站			
3.3.1	酸碱罐区	环墙式和护坡式罐基础	●	
		承台式罐基础	◎	
		酸碱罐至围堰之间的地面及围堰	◎	
3.3.2	酸碱中和池及排水沟	酸碱中和池的底板及壁板, 排水沟的底板及壁板	●	需要防腐处理
3.3.3	水处理厂房	水处理厂房内的地面	◎	需要防腐处理
3.4	循环水场			
3.4.1	排污水池	排污水池的底板及壁板	●	
3.4.2	事故水池	事故水池的底板及壁板	◎	
3.5	污水处理场			
3.5.1	埋地污水管道	埋地污水管道	●	非达标污水
3.5.2	污水、污油、污泥池, 污水井	调节池、均质池、隔油池、气浮池、生化池、污油池、油泥池、浮渣池和污泥池的底板及壁板; 检查井、水封井和检漏井的底板及壁板	●	需要考虑防腐
3.5.3	其他水池	其他水池的底板及壁板	◎	
3.5.4	污泥储存池	污泥储存池的底板及壁板	●	需要考虑防腐
3.5.5	污泥脱水	污泥脱水池的底板及壁板	●	需要考虑防腐
3.5.6	污泥焚烧	污泥焚烧界区内的地面	◎	
4	辅助工程区			
4.1	散装且溶于水的原料及产品仓库	仓库内的地面	◎	必要时考虑防腐
4.2	液体化学品库	化学品库的室内地面	◎	必要时考虑防腐

注: 1. ◎----污染易控制区, ●----污染难控制区

2. 原料油、轻质油品、液体化工品等储罐区不包括储存液硫、沥青、重质渣油的罐和液化烃油罐

C.1.2 煤炭加工业污染控制难易程度分级

针对正文表 3-1 中煤炭加工行业中的行业小类，根据生产的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.2 煤炭加工业典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	储焦池	◎	
2	地下罐	●	需要考虑防腐
3	地下管道	●	需要考虑防腐
4	事故储液池	◎	需要考虑防腐
5	受煤坑	●	
6	精煤场	◎	
7	配煤仓	◎	
8	沉淀池	●	需要考虑防腐
9	循环水池	●	需要考虑防腐
10	硫铵装置区	◎	
11	煤气净化区	◎	
12	机修车间	◎	
13	油库	●	
14	熄焦池	●	
15	晾焦台	●	

注：◎----污染易控制区，●----污染难控制区

C.1.3 有色金属冶炼和压延加工业污染控制难易程度分级

根据常用有色金属冶炼（湿法冶炼）和有色金属合金制造业的装置单元、区域的特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.3 有色金属冶炼业（湿法冶炼）典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置（单元、设施）名称	污染控制难易程度	备注
1	浓缩车间	●	需要考虑防腐
2	电解车间	●	需要考虑防腐
3	浸出车间	●	需要考虑防腐
4	制酸车间	●	需要考虑防腐
5	固液分离车间	●	需要考虑防腐
6	（循环水）高位水池	●	
7	事故池	●	需要考虑防腐
8	泵房	●	
9	化验室	●	需要考虑防腐
10	破碎车间	◎	
11	筛分车间	◎	
12	萃取车间	●	
13	球磨分级车间	◎	
14	浮选车间	◎	
15	精矿脱水车间	●	
16	堆浸场	●	
17	溶液池、储液池	●	
18	湿法精炼装置	●	需要考虑防腐

注：◎----污染易控制区，●----污染难控制区

表 C.4 有色金属合金制造业典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置（单元、设施）名称	污染控制难易程度	备注
1	湿式除尘器	●	
2	电除雾器	●	需要考虑防腐
3	酸雾冷凝器	●	需要考虑防腐
4	烟气净化装置	●	需要考虑防腐
5	冶炼车间	◎	
6	冷却装置	◎	

注：◎----污染易控制区，●----污染难控制区

C.1.4 农药制造业污染控制难易程度分级

根据农药制造业的装置单元、区域特点将部分装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.5 农药制造业典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	储存罐	●	
2	反应釜	●	需要考虑防腐
3	循环水池	●	需要考虑防腐
4	废水处理池	●	需要考虑防腐
5	凉水塔	◎	
6	仓库	◎	
7	泵房	◎	
8	危险品仓库	◎	
9	回收车间	◎	
10	化验室	◎	
11	原料房	◎	

注：◎----污染易控制区，●----污染难控制区

C.1.5 涂料、油墨、颜料及类似产品制造业污染控制难易程度分级

根据涂料、油墨、颜料及类似产品制造业的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.6 涂料、油墨、颜料及类似产品制造业典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	配料车间	●	
2	溶剂混合室	●	需要考虑防腐
3	液体包装车间	●	需要考虑防腐
4	制浆生产线	●	需要考虑防腐
5	污水处理厂	◎	废水池类
6	排水管道	◎	
7	搅拌车间	◎	
8	研磨车间	◎	
9	储存仓库	◎	

注：◎----污染易控制区，●----污染难控制区

C.1.6 专用化学产品制造业污染控制难易程度分级

根据专用化学产品制造业的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.7 专用化学产品制造业典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	化工装置区	●	
2	油库	●	
3	罐区	●	
4	化学品仓库	◎	
5	化学试剂库	●	
6	药剂池	●	
7	废水处理池	●	
8	排水管道	●	
9	事故水池	◎	

注：◎----污染易控制区，●----污染难控制区

C.1.7 皮革鞣制加工业、毛皮鞣制及制品加工业污染控制难易程度分级

根据皮革鞣制加工业、毛皮鞣制及制品加工业的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.8 皮革鞣制加工业、毛皮鞣制及制品加工业典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	浸水间	◎	
2	脱脂间	◎	需要考虑防腐
3	脱毛间	◎	
4	浸碱设备	●	需要考虑防腐
5	浸酸设备	●	需要考虑防腐
6	废水处理池	◎	

注：◎----污染易控制区，●----污染难控制区

C.2 矿山开采区污染控制难易程度分级

根据矿山开采区的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.9 矿山开采区典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	回水高位水池	◎	
2	锅炉罐区	◎	需要考虑防腐
3	浓缩池	●	
4	精矿仓	◎	需要考虑防腐
5	充填站	◎	
6	废水处理池	●	
7	选矿车间	●	
8	浓缩车间	●	需要考虑防腐
9	压滤车间	●	
10	事故池	●	需要考虑防腐
11	泵房	●	
12	化验室	●	需要考虑防腐
13	破碎车间	◎	
14	筛分车间	◎	
15	分级车间	◎	
16	浮选车间	●	

注：◎----污染易控制区，●----污染难控制区

C.3 尾矿库污染控制难易程度分级

根据尾矿库的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.10 尾矿库典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	磷石膏库	●	包含相关的池体,需要考虑防腐
2	锰渣库	●	包含相关的池体,需要考虑防腐
3	黄金氰化物尾矿库	●	包含相关的池体,需要考虑防腐
4	氧化铝厂赤泥库	●	包含相关的池体,需要考虑防腐

注：●----污染难控制区

C.4 垃圾填埋场污染控制难易程度分级

根据垃圾填埋场的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.11 垃圾填埋场典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	渗滤液调节池	●	
2	废水处理装置	●	
3	填埋场	●	
4	事故水池	●	

注：●----污染难控制区

C.5 危险废物处置场污染控制难易程度分级

根据危险废物处置场的装置单元、区域特点将相应的装置单元、区域划分为污染难控制区和污染易控制区，部分装置单元分区情况见下表，其他可能造成地下水污染的装置单元按照实际情况确定污染控制难易程度。

表 C.12 危险废物处置场典型装置单元、区域污染控制难易程度分级表

序号	装置(单元、设施)名称	污染控制难易程度	备注
1	危险废弃物暂存	●	
2	预处理车间	●	
3	渗滤液调节池	●	
4	废水处理装置	●	
5	填埋场	●	
6	事故水池	●	

注：●----污染难控制区

C.6 其他区域

除上述给出污染控制难易程度分级以外的其他区域应与上述区域之间进行物理隔离，以免上述区域发生污染物泄漏或发生地下水污染事故后对其他区域造成污染。