

ICS 13.080.99

CCS Z 13

# 团 体 标 准

T/ACEF 179-2024

## 防堵塞多相抽提井应用技术规程

Technical specifications for application of anti-clogging multiphase extraction  
well

2024-12-27 发布

2025-01-01 实施

中 华 环 保 联 合 会 发 布



目次

前 言 ..... I

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本规定 ..... 2

5 设计 ..... 2

6 施工 ..... 5

7 验收 ..... 8

附录 A（资料性）防堵塞多相抽提井设计工艺表 ..... 9

附录 B（资料性）防堵塞多相抽提井工程典型案例 ..... 10



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中华环保联合会水环境治理专业委员会、上海大学提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件主编单位：上海大学、上海勘察设计研究院（集团）股份有限公司、中环博通生态科技（北京）有限公司。

本文件参编单位：上海城投上境生态修复科技有限公司、中建八局环保科技有限公司、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、上海格林曼环境技术有限公司、上海环境卫生工程设计院有限公司、浙江环科环境研究院有限公司、中华环保联合会水环境治理专业委员会、中华环保联合会固危废及土壤污染治理专业委员会。

本文件主要起草人：黄渊、李辉、吴育林、王朝、王振梁、相明辉、张汝壮、刘愿军、李忠元、张峰、殷瑶、王健华、魏亚强、宋立杰、杨湘智、张祥、陈晨、李伟。

本文件为首次发布。



# 防堵塞多相抽提井应用技术规程

## 1 范围

本文件规定了防堵塞多相抽提井技术应用的基本规定、设计、施工与验收等。

本文件适用于防堵塞多相抽提井的设计、施工与验收。

## 2 规范性引用文件

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

GB/T 19831.2 石油天然气工业 固井设备 第2部分：扶正器的放置和止动环测试

GB 50296 管井技术规范

GB/T 50625 机井工程技术标准

HJ 25.4 建设用地土壤修复技术导则

HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则

HJ 682 建设用地土壤污染风险管控和修复术语

SL154 机井井管标准

T/ACEF 113 有机污染地块修复技术规范 多相抽提

T/ACEF 114 有机污染地块修复技术验证评价规范 多相抽提

## 3 术语和定义

T/ACEF 113 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**多相抽提井** multi-phase extraction well

用于从包气带、毛细上升带、饱和带土壤和地下水中抽提气相、水溶相和非水溶相污染物的井。

### 3.2

**防堵塞多相抽提井** anti-clogging multiphase extraction well

用于防止多相抽提过程中可能发生的物理、化学、生物堵塞的多相抽提井。

### 3.3

**物理堵塞** physical clogging

地下水中悬浮颗粒物在抽提井填料层或周边土层沉积、吸附、重新排列造成的堵塞。

### 3.4

### 化学堵塞 chemical clogging

溶解在地下水中的碳酸盐、磷酸盐、硫酸盐、硅酸盐等可溶性盐化学物质，在一定条件下发生化学反应、生成不溶性沉淀物质，沉积在抽提井填料层或周边土层造成的堵塞。

### 3.5

### 生物堵塞 biological clogging

微生物活动导致的生物膜、生物量积累或代谢产物在抽提井填料层或周边土层的沉积造成的堵塞。

### 3.6

### 井管允许抗拉力 allowable well pipe tensile strength

井管在静拉伸条件下的最大承载力。

## 4 基本规定

4.1 设计和施工前应搜集拟修复场地的有关资料，并进行现场踏勘。

4.2 设计与施工资料应包括下列内容：

- a) 场地工程地质和环境水文地质资料；
- b) 场地周边地上、地下建（构）筑物类型及基础形式资料；
- c) 场地地下水污染调查报告和地下水修复设计方案；
- d) 基坑支护结构和基坑施工方案等资料。

4.3 施工材料应为无污染和无毒性材料。

4.4 多相抽提井应经验收合格后再投入使用。

4.5 报废或已完成使用功能的抽提井等应按 GB/T 50625 的规定处理。

4.6 多相抽提修复技术验证评价应符合 T/ACEF 114 的规定。

## 5 设计

### 5.1 一般要求

5.1.1 多相抽提井结构设计应包括井身结构设计、过滤管结构设计、填料层设计和井管配置，见附录 A。

5.1.2 井身结构设计应包括下列内容：

- a) 开口井径及深度；
- b) 井管材质；
- c) 过滤段、止水段及沉淀段位置；
- d) 井的附属设施。

5.1.3 过滤管结构设计应包括下列内容：

- a) 过滤管类型及结构;
- b) 过滤管筛孔结构及位置。

#### 5.1.4 填料层设计应包括下列内容:

- a) 填料类型及结构;
- d) 填料厚度及高度;
- c) 填料粒径及用量。

#### 5.1.5 井管配置应与井身设计的井管长度和井管管径相匹配。

### 5.2 井身结构设计

5.2.1 井身结构设计应根据抽提目标层的岩性、厚度、埋深、富水性、水力性质、上覆地层特征、污染物类型、地下水化学性质及钻进工艺确定。

5.2.2 井管内径应满足洗井和抽水要求, 井径宜为 50 mm~300 mm。

5.2.3 井管内径应根据抽提设计出水量、允许井壁进水流速、含水层埋深、抽提深度、过滤管类型及钻进工艺等因素确定。

5.2.4 抽提井深度应根据设计动水位、降水目标层埋深、过滤管工作长度和沉淀管长度等确定。

5.2.5 抽提井构筑材料不应改变地下水化学成分。

5.2.6 抽提井过滤段位置应覆盖地下水修复深度范围, 且不宜超过地下水修复深度, 沉淀段长度宜为井管底部 0 m~1 m。

5.2.7 抽提井井管筛孔段位置应根据污染物深度确定, 当水中含有重质非水相液体时, 进水位置应在含水层底部和不透水层的顶部, 当水中含有轻质非水相液体时, 进水位置应在含水层的顶部。

### 5.3 过滤管结构设计

5.3.1 过滤管直径应根据抽提井设计出水量、过滤管长度、管材规格、过滤管有效孔隙率和允许过滤管进水流速等因素确定。

5.3.2 过滤管外围应包裹过滤滤网, 滤网孔眼直径宜为 0.5 mm~1 mm。

5.3.3 过滤管筛孔形式宜为圆孔状和条缝状。存在非水相液体污染物的地下水修复场地, 筛孔形式可设置成斜切缝状。

### 5.4 填料

5.4.1 防堵塞多相抽提井宜采用粒径级配良好、含杂质少、有机质含量低的清洁石英砂填料。

5.4.2 填料粒径, 应根据目标含水层土壤颗粒筛分数据确定, 填料粒径可参照表 1 确定。

表 1 填料粒径

| 含水层类型          | 砂性含水层                       | 碎土类含水层                      |                    |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
|                | $Cu_1 < 10$                 | $d_{20} < 2mm$              | $d_{20} \geq 2mm$  |
| 粒径尺寸           | $D_{50} = (6 \sim 8)d_{50}$ | $D_{50} = (6 \sim 8)d_{20}$ | $D = 10 \sim 20mm$ |
| 填料不均匀系数 $Cu_2$ | $Cu_2 < 10$                 |                             | /                  |

注: 表中  $Cu_1$ 、 $Cu_2$  分别为含水层土壤颗粒和填料的不均匀系数;  $d_{20}$ 、 $d_{50}$  和  $D_{20}$ 、 $D_{50}$  分别为含水层土壤试样和填料试样,

在筛分中过筛质量累计为 20%和 50%时的颗粒直径。

5.4.3 填料厚度应根据含水层类型按表 2 确定。

表 2 填料厚度

| 含水层类型   | 粗砂、砾石含水层 | 中、细、粉砂含水层 |
|---------|----------|-----------|
| 填料厚度/mm | 75~100   | 100~150   |

5.4.4 填料高度应符合下列规定：

- a) 填料高度应与过滤器位置一致，应根据场地已知污染物可能达到的最大深度确定；
- b) 地下水中可能存在轻质非水相液体时，填料段上端应高于地下水位；
- c) 地下水中可能存在重质非水相液体时，填料段下端应达到含水层底板处；
- d) 填料高度宜超过目标含水层顶板。

5.4.5 填料填充量应按公式（1）计算：

$$V = 0.785(D^2 - d^2) \cdot L \cdot K \quad (1)$$

式中：

V——填料填充量，单位为立方米（m<sup>3</sup>）；

D——钻孔直径，单位为米（m）；

d——过滤管外径，单位为米（m）；

L——填料高度，单位为米（m）；

K——超径系数，取 1.2~1.5。

5.4.6 多层填料结构可设置为 3 层，分别为粗、中、细粒径填料层，沿汇水方向粒径应由粗到细。

## 5.5 井管配置

5.5.1 井管长度应与井身结构设计相匹配，井管底部应封底。

5.5.2 井管应根据地下水水质、井深、管材强度和经济合理等因素确定，并应符合下列规定：

- a) 井管应具备抗压、抗拉、抗弯强度，必要时应进行强度验算；
- b) 井管应无缺损、裂缝、弯曲等缺陷，管端口面与管轴线应垂直且无毛刺；
- c) 内壁应光滑、圆直，并应满足洗井及抽水设备要求；
- d) 井管应具有抗腐蚀能力。

5.5.3 当地层为粉性土或计划抽提时间超过半年时，抽提井填料层中可预设清理井，清理井数量可采用 4~6 个，材质应与抽提井相同，应采用条缝状筛孔，清理井管直径不宜大于填料层厚度的 1/3。清理井结构见图 1。

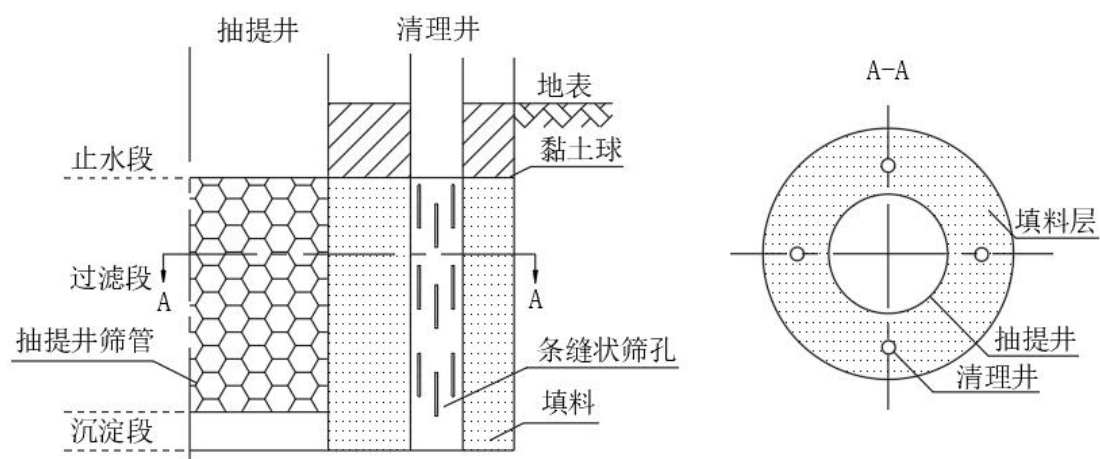


图 1 清理井结构示意图

## 6 施工

### 6.1 一般要求

6.1.1 施工前应踏勘现场，了解施工条件和环境条件，并应编制施工组织设计文件。

6.1.2 施工组织设计应包括下列内容：

- a) 工程任务及要求；
- b) 施工方案、施工技术和质量保证措施；
- c) 人员、设备、材料、费用和施工进度；
- d) 施工应急预案；
- e) 安全文明生产和环境保护措施。

6.1.3 施工过程中应如实填写建井记录。

### 6.2 成井

6.2.1 成井施工宜采用全套管旋挖工艺。

6.2.2 施工工艺流程宜按下列流程执行：

- a) 测放井位；
- b) 机械手打设套管护筒；
- c) 旋挖机就位；
- d) 旋挖机分段取土成孔。

6.2.3 旋挖成井机械设备宜选用工程旋挖机及其配套设备；安装钻机时，机台应安装稳固水平，工作位置整平后铺设钢板。

6.2.4 成井过程中井身应圆正、垂直，并应符合下列规定：

- a) 井身直径不得小于设计井径；
- b) 顶角偏斜不得超过  $1^\circ$ 。

6.2.5 在施工过程中应采取护口管等保证井管不松动、井口不坍塌的措施。

### 6.3 井管安装

6.3.1 井管安装前准备应符合下列规定：

- a) 应根据抽提井结构设计配管，依次编号，并应记录；
- b) 应检查井管质量，并应符合设计要求；
- c) 下管前应再次探井，井管下置应与设计一致；
- d) 长井管进场后，应检查筛孔段符合设计要求。应测量孔深，并对滤水管逐根测量、记录，封堵沉淀管底部；
- e) 检查井管连接。对于焊接连接的井管，检查坡口规范性、焊缝质量及外观无缺陷；对于螺纹连接的井管，检查螺纹完整性、配合松紧度，确保拧紧后应露出 2~3 牙螺尾。

6.3.2 下管方法应根据管材强度、下置深度和起重设备能力等因素选定，并应符合下列规定：

- a) 井管自重或浮重小于井管允许抗拉力和额定起重量时，可采用提吊下管法；
- b) 井管自重或浮重大于井管允许抗拉力和额定起重量时，应采用托盘或浮板下管法；
- c) 当井管下置深度超过单根井管长度时，应采用多级下管法。

6.3.3 井管顶端高度应高出地面 0.3 m 以上。

6.3.4 成井底部的沉淀段应封底。当钻井已经进入松散层下部时，应确保井管坐落牢固。

6.3.5 清理井井管应在抽提井井管下放完成后下放，下放方式应与抽提井井管相同。

6.3.6 采用过滤管的抽提井应设置扶正器，扶正器放置应符合 GB/T 19831.2 的规定。

### 6.4 填料与管外封闭

6.4.1 填料质量应符合下列规定：

- a) 填料应取样筛分，不符合设计规格的数量不得超过设计总量的 15%；
- b) 土和杂物含量不应大于设计总量的 1%；
- c) 填料宜用石英砂。

6.4.2 填料数量应按填充厚度和管径等计算得到的理论值乘上超径系数确定，超径系数宜为 1.2~1.5。

6.4.3 填料方法应按 GB 50296 的规定确定。当抽提井孔深小于 100 m 时，宜由孔口管外直接填入；当抽提井孔深大于 100 m 时，宜采用抽水填砾法。

6.4.4 填料时，填料应沿井管周围均匀连续填入，并应随填随测。

6.4.5 多级填料填充时应采用填料仓结构，如图 2 所示。并应符合下列规定：

- a) 填料仓顶部及底部应由 2 个相同尺寸的法兰盘组成，单个填料仓高度宜为 1m；
- b) 上下法兰盘连接应采用圆钢焊接方式，圆钢应分别沿法兰盘内径和外径均匀排列；
- c) 抽提井外边界与外框丝网、外框丝网与内框丝网、内框丝网与抽提井管之间应根据需要分别填充不同粒径的填料；
- d) 上下两个填料仓之间可采用焊接或螺栓连接。

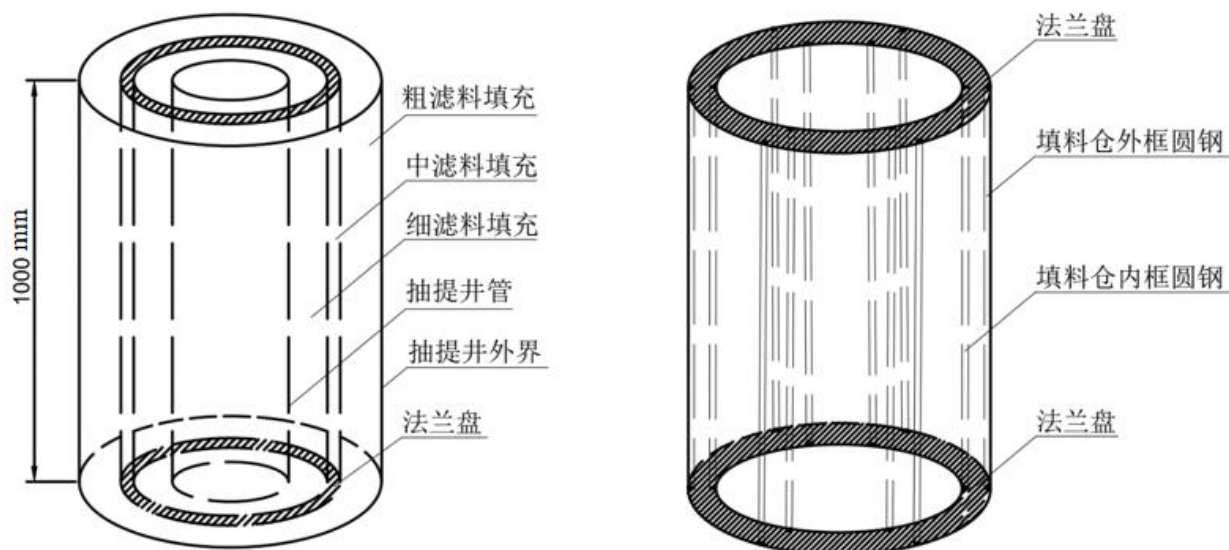


图 2 多级填料仓结构示意图

6.4.6 抽提井封闭应符合下列规定：

- a) 应确定止水段深度；
- b) 止水段封闭可选用优质黏土球或膨润土，黏土球粒径宜为 20 mm~30 mm，并在半干状态下缓慢填入；
- c) 井口管外围应封闭，以井管为中心地面向外形成不低于 2% 的坡度；
- d) 井管封闭后应检查效果，当未达到设计要求时，应重新封闭。

## 6.5 洗井

6.5.1 洗井应符合 GB 50296 的规定。

6.5.2 洗井方法应根据含水层特性、井结构及井管强度等因素选用，并宜采用两种及以上联合洗井方法。

6.5.3 松散层抽提井宜采用活塞与压缩空气联合洗井。

6.5.4 碳酸盐岩类的抽提井，宜采用液态二氧化碳配合六偏磷酸钠或盐酸联合洗井。

6.5.5 碎屑岩、岩浆岩的抽提井宜采用活塞、空气压缩机或液态二氧化碳等联合洗井。

6.5.6 当抽提井发生堵塞时，除应对抽提井清洗外，还应对清理井冲洗。清理井洗井方法应与抽提井洗井方法一致。

## 6.6 井的废弃

报废或已完成使用功能的抽提井应及时进行废弃处理，废弃过程应符合环保要求。

## 6.7 保护措施

施工过程中应采取下列保护措施：

- a) 现状保护：应安排专人对抽提井围护，宜在抽提井附近 1m 内用钢管或 PVC 管围住，同时设置警示标志；

b) 标识设置：宜在井台周围设置明显的永久性标识，标识应包含抽提井编号、用途、维护单位以及紧急联系电话等信息。标识宜清晰耐久；

c) 预防措施：基坑开挖和围护施工等过程中，应派专人在抽提井附近看护直至该施工段完成；

d) 井台制作：宜制作井台，井台宜采用坚固耐用的防腐蚀和抗老化材料建造。井台高度宜便于操作和维护，且不宜妨碍抽提井正常使用；

e) 已经被破坏的抽提井应采取保护措施，并根据实际情况采取扶正、焊接等修复措施。

## 7 验收

7.1 抽提井竣工验收，应按 GB 50296、GB/T 50625、DZ/T 0270 的规定执行。

7.2 抽提井竣工后，应检测抽提井与清理井的连通性。抽提井与多个清理井之间的通水能力宜一致。

附录 A

(资料性)

防堵塞多相抽提井设计工艺表

| 抽提井类型 | 井管材料           | 填料类型 | 填料结构 | 过滤段筛孔形式 | 附属结构 | 适用场景                         |
|-------|----------------|------|------|---------|------|------------------------------|
| A 型   | UPVC 或钢管       | 石英砂  | 单层填料 | 横切缝     | 无清理井 | 针对生化堵塞设置，适用于钙、镁等离子含量较高的地下水环境 |
| AB 型  | UPVC 或钢管       | 石英砂  | 多层填料 | 横切缝     | 有清理井 | 针对生化堵塞、物理堵塞设置                |
| AC 型  | UPVC 或钢管或 HDPE | 石英砂  | 单层填料 | 斜切缝     | 无清理井 | 针对生化堵塞、NAPL 污染物设置            |
| ABC 型 | UPVC 或钢管或 HDPE | 石英砂  | 多层填料 | 斜切缝     | 有清理井 | 针对生化堵塞、物理堵塞及 NAPL 污染物设置      |

注：1、钻井施工工艺可采用直推、旋挖等工艺，场地涉及填埋物宜采用旋挖干钻工艺。A 型对应防生化堵塞类型、B 型对应防物理堵塞类型，C 型对应 NAPL 类污染物防堵塞抽提井，不同字母的叠加代表机制的叠加。

2、井管材料根据抽提井深度及环境选择，当抽提井深度大于 100 m 或用于填埋物场地抽提修复时，宜选择钢管。

3、防堵塞多相抽提井典型工程应用案例见附录 B。

附录 B

(资料性)

防堵塞多相抽提井工程典型案例

| 序号 | 场地名称         | 场地污染物类型               | 堵塞类型 | 防堵塞抽提井类型 | 运行时间  | 服役效果                                        |
|----|--------------|-----------------------|------|----------|-------|---------------------------------------------|
| 1  | 上海安亭某填埋物处置工程 | 重金属、VOCs、SVOCs、填埋物    | 物理   | B 型      | 1.5 年 | 防堵塞抽提井出水量较常规抽提井提高 30%以上，防堵塞抽提井影响半径提高 20%以上。 |
| 2  | 上海嘉定某农药类污场地  | 重金属、VOCs、SVOCs、NAPL 类 | 生化   | A 型/AC 型 | 8 年   | 井管服役年限延长 50%，防堵塞抽提井影响半径提高 10%。              |
| 3  | 嘉兴某印染污染场地    | 重金属、NAPL 类            | 物理   | B 型/BC 型 | 1 年   | NAPL 回收效率提高 30%。                            |