《防堵塞多相抽提井应用技术规程》

编制说明

《防堵塞多相抽提井应用技术规程》编制组

二〇二四年十二月

目　次

1　任务来源 2
2　标准制定必要性 2
3　主要工作过程 3
4　国内外相关标准研究 4
5　同类工程现状调研 4
6　主要技术内容及说明 5
7　标准实施的环境效益与经济技术分析 13
8　标准实施建议 14

《防堵塞多相抽提井应用技术规程》编制说明

1 任务来源

2020 年 1 月，上海大学作为“国家重点研发计划”场地土壤污染成因与治理技术研究项目《石化污染场地强化多相抽提与高效净化耦合技术》课题五《典型场地强化多相抽提与净化技术全流程规模化示范》承担单位，承担了《强化多相抽提修复技术全流程工艺优化与全系统综合评价》任务。课题组通过分析典型低渗透有机场地污染特征、多相抽提技修复效果、多相抽提井的设计施工等，编制《防堵塞多相抽提井构建与安装技术规范》。

2024 年 4 月，上海大学向中华环保联合会提出申请，立项《防堵塞多相抽提井构建与安装技术规范》团体标准，并承担该标准的编制工作，参编单位有上海勘察设计研究院（集团）有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司、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）有限公司等单位。

2 标准制定必要性

2019 年 1 月 1 日《土壤污染防治法》实施，要求有风险的地块应进行风险管控和修复。从法律法规的层面上，国家正不断加大污染土壤环境治理力度，不断完善管理制度的建设。

2019 年，生态环境部重新修订了建设用地土壤环境保护系列标准，包括了调查、监测、风险评估和污染土壤修复技术导则。《建设用地土壤修复技术导则》规定了污染土壤修复所遵循的一般性原则、程序和技术要求，主要适用于污染土壤修复可行性研究中修复技术的筛选和修复方案的制定，但是缺乏对土壤修复各专项技术的详细规定。在选定具体的修复技术后，还需要通过各个土壤修复专项技术规范来指导相应的修复技术的设计与实施，例如修复技术方案筛选出多相抽提技术后，本标准用于具体指导和规范如何进行多相抽提工程设计和施工。

多相抽提技术广泛应用于污染地块的修复治理，但目前大部分多相抽提技术都面临井管堵塞的问题，导致抽提效率难以满足地块修复标准和技术规范要求，实现有机污染地块科学治理。

制定《防堵塞多相抽提井构建与安装技术规范》是完善标准体系的具体体现，该技术规范的制定还可以进一步提高多相抽提技术修复工作的规范性，为制定高效修复策略提供参考，节省工程投资，全面提升工程质量和效率，具有重要的经济效益和社会效益。

3 主要工作过程

3.1 组建编制技术组和研究启动

2024 年 4 月，在中华环保联合会水环境治理专业委员会的组织协助下，由上海大学牵头，联合上海勘察设计研究院（集团）有限公司签署了团体标准编制协议，成立了标准编制技术组。2024 年 4 月 15 日，中华环保联合会水环境治理专业委员会组织召开了《防堵塞多相抽提井构建与安装技术规范》编制启动会议，标准编制技术组就标准编制大纲和重点研究问题进行了第一次集中讨论和任务分工。

3.2 重点问题研究

2024 年 5 月 14 日，标准编制技术组召开了第二次工作会议。对术语和定义、设计部分框架、及附录表内容等重点问题进行了专题研讨。5 月 21 日，形成了重点问题的研究初稿。

3.3 规范初稿的编制

2024 年 6 月 13 日，标准编制技术组召开了第三次工作会议。对术语和定义、格式、标准名称及抽提井型号等问题进行了专题研讨。6 月 17 日，形成了《防堵塞多相抽提井构建与安装技术规范》第一版初稿。

3.4 专家咨询和规范第二版初稿的编制

2024 年 6 月 20 日，上海大学牵头组织召开了标准初稿的专家咨询会，就标准格式和重点技术内容进行了重点咨询。会后经修改完善后形成了《防堵塞多相抽提井构建与安装技术规范》第二版初稿。

3.5 专家咨询和征求意见稿的编制

2024 年 8 月 15 日，标准编制技术组召开内部研讨会议，对第二版初稿中的内容再次进行研讨。8 月 20 日召开技术审查会，与会专家一致同意该标准通过技术审查，编制组参考专家意见将标准名称修改为《防堵塞多相抽提井应用技术规程》，修改完善后于 9 月 15 日形成了《防堵塞多相抽提井应用技术规程》（征求意见稿）。

3.6 征求意见处理情况说明

2024 年 9 月 30 日，中华环保联合会办公室发放了《关于《厨余垃圾制备乙酸型化学品应用技术规范》《防堵塞多相抽提井应用技术规程》两项团体标准征求意见的函》 (中环联函〔2023〕129 号)向社会公开征求意见。

截至 2024 年 12 月 1 日，共收到反馈意见 5 份，经整理归纳为 73 条意见。2024 年 12 月，编制组对反馈意见进行了逐条研究，对规范文本进行了修改完善。73 条反馈意见中，

采纳和部分采纳共计 70 条，采纳率为 95.89%，不采纳 3 条。意见处理后向中华环保联合会汇报意见处理结果。

意见处理后形成标准送审稿，于 2024 年 12 月份上报分标准委员会秘书处。

3.7 技术审查工作情况说明

2024 年 12 月 4 日下午，中华环保联合会团体标准送审稿审查会召开。会上对《防堵塞多相抽提井应用技术规程》进行了审查。黄渊代表编写组从编写背景、编制依据、编制过程、主要内容等五个方面对标准编制工作进行了详细的介绍，与会专家进行了质询并提出了意见建议。编写组对专家意见进行了梳理，同时对照《会议纪要》共梳理出意见条，经逐条意见研究讨论后，进行了认真修改完善后形成了标准报批稿，将有关材料按要求报标委会秘书处审核。

4 国内外相关标准研究

4.1 多相抽提技术的发展概况

多相抽提技术（Multi-Phase Extraction，MPE）是通过真空抽提手段，抽取地下污染区域的土壤气体、地下水和 NAPL 到地面上进行分离和处理，以控制和修复土壤和地下水中有机污染物的技术。

欧美发达国家早在 20 世纪 90 年代就将多相抽提技术作为修复土壤和地下水污染的技术之一，目前已形成完善的集技术标准和管理机制为一体的多相抽提修复技术体系。美国陆军工程兵团《Engineering and Design Multi-Phase Extraction》技术文件给出了多相抽提技术工程设计指南。美国环保局《Multi-Phase Extraction：State-of-the-Practice》文件提供了实际应用的案例分析。

我国现有多相抽提技术标准主要包括《有机污染场地修复技术规范 多相抽提》、《有机污染场地修复技术验证评价规范 多相抽提》，其他大多是同其他修复技术整合编汇，此类标准主要包括《2014 年污染场地修复技术目录（第一批）》、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》、《石化地块污染土壤-地下水原位协同修复技术指南（试行）》等，标准中对多相抽提技术的适用范围、设备选型、强化技术和修复效果等做出了总结，但并未给出多相抽提井的设计和安装的针对性要求和建议。

5 同类工程现状调研

MPE 技术在国外已有多年的工程应用，美国环保署、石油学会和陆军工程部等针对 MPE 系统的工程设计和运行维护出台了相关的技术指南。Kirshner 等 1996 年报道了高负压双相抽提（HVDPE）技术在航空燃油污染土壤和地下水修复的应用，经 5 个月运行去除

了 16656.8 kg 烃类污染物，其中生物降解、液体抽出、气相抽提对污染物去除的贡献分别占 62%，27%和 11%。Gabr 等在某空军基地航空燃油污染地块使用垂直预制井布设 25 排抽提井，安装 MPE 系统进行 LNAPL 抽提，运行 185 h 共去除 467 kg 气相有机污染物和 133 L 的自由相液体。Calza 等将 MPE 技术应用于巴西某加油站苯污染地块修复，经 18 个月系统运行后地下水中苯污染浓度达到修复目标要求。Baldwin 等在某加油加气站地块设置 12 口抽提井并安装 HVDPE 系统进行地下水修复，两年半运行期共抽出污染地下水 1400 m^3，去除约 119 kg 石油烃。

国内 MPE 技术研究应用近年发展迅速，中试和工程化应用逐渐增多。张云达等在某氯代烃苯系物复合污染地块采用单泵双相抽提系统进行地下水修复，在 1000 m^2 污染范围内布设抽提井 103 口，在 20 天运行后抽出 250 m^3 地下水，12000 m^3 气体，收集 NAPL 约 50 L。张峰在某化工地块 LNAPL 污染地下水单泵双相抽提系统修复中试研究布设了 9 口抽提井，运行时间 25 d，共抽提污染液体约 720 L，去除甲苯约 125 kg。王锦淮等在某化工地块苯系物污染地下水 MPE 修复中试研究发现，MPE 技术实现了土壤地下水中挥发性气体污染物浓度迅速下降，但对残留溶解态、吸附态污染物无显著效果，需与原位化学氧化修复技术联合运用以提高修复效率。张学良等运用燃气热脱附强化抽提对某退役溶剂厂污染地块进行修复，结果显示热脱附修复后土壤中苯、氯苯和石油类有机物最大去除率分别为 99.88%、99.84%、97.58%，地下水中苯、氯苯和石油类有机物去除率分别为 98.77%、97.70%、99.99%，燃气热脱附强化抽提技术处理地块挥发性有机污染物效果良好。

6 主要技术内容及说明

6.1 适用范围

本文件规定了防堵塞多相抽提单井技术应用的基本规定、设计、施工和保护等。

本文件适用于防堵塞多相抽提井的设计、施工、保护。

6.2 规范性引用文件

现行的国家法律法规、建设用地系列土壤生态环境标准、污染物排放治理类的环境标准及相关的行业标准是制定本标准的依据。

环境质量、排放标准、环境影响、污染物毒性浸出方法等引用国家和行业的相关标准。有关施工和成品保护等方面的技术要求引用国家和行业的相关标准。

6.3 术语和定义

本标准规定了 6 个术语，分别是多相抽提井、防堵塞多相抽提井、物理堵塞、化学堵塞、生物堵塞、井管允许抗拉力，主要术语说明如下。

多相抽提井

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。

说明：《污染地下水抽出—处理技术指南》等相关文件中对抽出井已经做出了释义，通过多相抽提技术及国内外对多相抽提井开展的大量研究，该术语主要结合国内外相关研究进行了定义。

防堵塞多相抽提井

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。

说明：多相抽提技术对环境修复有一定的局限性，构建防堵塞多相抽提井，缓解多相抽提过程中堵塞造成的影响，从而提升多相抽提的效率，国内外对防堵塞多相抽提井开展了大量研究，该术语主要结合国内外相关研究进行了定义。

物理堵塞

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。

说明：《含水层人工回灌物理堵塞的实验与数值模拟》等相关文献中提及了“物理堵塞”：黄修东等（2009）通过室内土柱试验认为悬浮颗粒物在砂层孔隙中的沉积导致了物理堵塞；李璐等（2010）通过砂槽入渗试验发现悬浮颗粒的吸附造成含水介质孔隙度减小，从而引起物理堵塞；Pavelic *et al*.（2011）在研究中发现悬浮颗粒容易在砂土中重新排列导致物理堵塞。本标准在原本含义不变的情况下结合多条内容，修改了部分措辞以更贴合本技术规范。

化学堵塞

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。

说明：《地下水循环井堵塞成因识别及防堵破堵技术》等相关文献中对“化学堵塞”进行了释义：当含水层中的铁、镁、钙、锰等成垢阳离子含量过高时，与阴离子如碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐发生沉淀反应。随地下水循环，阴阳离子持续不断向井内补充，难溶盐在井体内部发生沉淀结垢。本标准在原本含义不变的情况下，修改了部分措辞以更贴合本技术规范。

生物堵塞

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。

说明：《地下水循环井堵塞成因识别及防堵破堵技术》等相关文献中提到，生物堵塞涉及微生物活动导致的生物膜形成、生物量积累或代谢产物在井体内部发生沉积结垢，影响地下水循环井的正常运作。本标准在原本含义不变的情况下，修改了部分措辞以更贴合本技术规范。

井管允许抗拉力

井管在静拉伸条件下的最大承载力。

说明：《管井技术规范》（GB50296-2014）等相关标准中提及了“井管允许抗拉力”，根据物理术语抗拉强度：金属由均匀塑性形变向局部集中塑性变形过渡的临界值，也是金属在静拉伸条件下的最大承载能力，同时结合国内外相关研究对该术语进行了定义。

6.4 总体要求

6.4.1 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。

6.4.2 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；

说明：设计方案应符合《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》HJ 25.6 的规定。

d）基坑支护结构和基坑施工方案等资料。

6.4.3 施工材料应为无污染和无毒性材料。

6.4.4 多相抽提井应经验收合格后再投入使用。

6.4.5 报废或已完成使用功能的抽提井等应按规定处理。

说明：抽提井的处理应符合《机井工程技术标准》GB/T 50625 的规定。

说明：多相抽提修复技术验证评价应符合《有机污染地块修复技术验证评价规范 多相抽提》T/ACEF 114 的规定。

6.5 设计

6.5.1 一般规定

本节规定了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。

6.5.2 井身结构设计

井身结构设计应根据抽水目标层的岩性、厚度、埋深、富水性、水力性质、上覆地层的特征、污染物的类型、地下水的化学性质及钻进工艺确定。主要规定井管内径、抽提井

井径、抽提井深度、抽提井构筑材料、抽提井过滤段位置以及抽提井取水位置。

6.5.3 过滤器结构设计

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。主要规定过滤管外围滤网孔眼直径和过滤管筛孔形状。

6.5.4 填料

6.5.4.1 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

6.5.4.2 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 确定径。

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 分别为含水层和填料的不均匀系数；d_{20}、d_{50} 和 D_{20}、D_{50} 分别为含水层试样和填料试样，在筛分中过筛质量累计为 20%和 50%时的颗粒直径。

说明：参考《水文地质手册（第二版）》。

6.5.4.3 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

6.5.4.4 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。

6.5.4.5 填料填充量应按公式（1）计算：

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

式中：

V——填料填充量，单位为立方米（m^3）；

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。

说明：数据来源为 GB50296-2014《管井技术规范》。

6.5.4.6　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。

6.5.5　井管配置

6.5.5.1　井管长度应和井身结构设计相匹配，井管底部应封底。

6.5.5.2　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。

6.5.5.3　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。

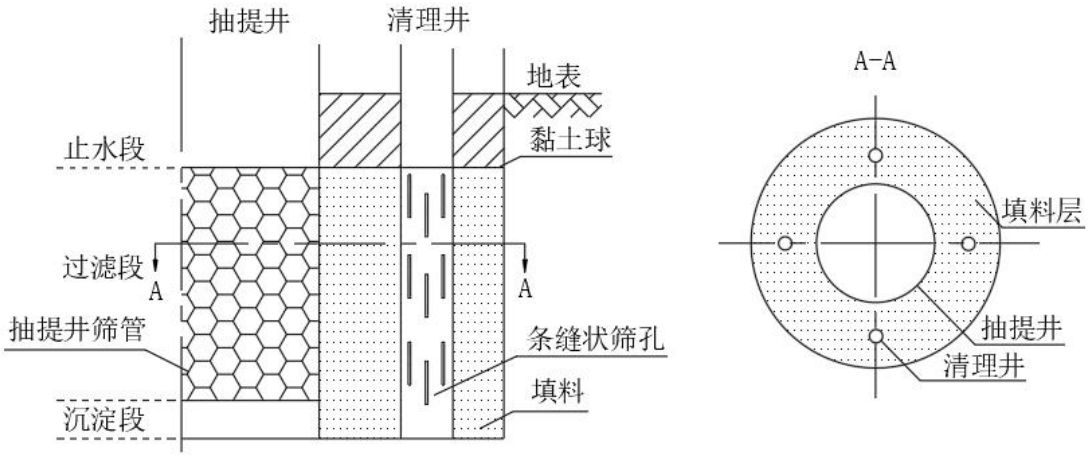

图 1 清理井结构示意图

说明：对于传统的抽提井+填料层的井管结构，细颗粒易堵塞填料层孔隙，影响抽提效率。为解决这一问题，以抽提井为中心，在填料层中布置若干包含条缝状筛孔的清理管。沿着汇水方向，清理管外侧的筛孔孔径大，利于细颗粒进入清理井，内侧筛孔孔径小，利

于细颗粒富集在清理井内。清理布设在抽提井外围填料层中间，当抽提井由于填料层堵塞造成抽提效率明显降低时，可使用负压抽提的方式对清理井进行抽提，将填料层中细颗粒从清理井中吸出，从而达到缓解堵塞的效果。

6.6 施工

6.6.1 一般规定

6.6.1.1 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。

6.6.1.2 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。

6.6.1.3 施工过程中应如实填写建井记录

6.6.2 成井

6.6.2.1 成井施工宜采用全套管旋挖工艺。

6.6.2.2 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。

6.6.2.3 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。

6.6.2.4 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°。

6.6.2.5 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。

说明：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。

6.6.3 井管安装

6.6.3.1 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。

6.6.3.2　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。

说明：来源于 GB50296-2014《管井技术规范》，进行了部分措辞的修改。

6.6.3.3　井管顶端高度应高出地面 0.3 m 以上。

说明：数据来源为 GB50296-2014《管井技术规范》。

6.6.3.4　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。

6.6.3.5　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。

6.6.3.6　采用过滤管的抽提井应设置扶正器。

说明：扶正器放置应符合《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/T 19831.2 的规定。

6. 6. 4　填砾与管外封闭

6.6.4.1　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%；

说明：数据来源为 GB50296-2014《管井技术规范》。

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。

6.6.4.2　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。

说明：数据来源为 GB50296-2014《管井技术规范》。

6.6.4.3　填砾方法应根据填料密实性、井壁稳定性、冲洗介质类型和抽提井结构等因素确定。当抽提井孔深小于 100 m 时，可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。

说明：填料方法应按《管井技术规范》GB 50296 的规定确定。

6.6.4.4　填料时，填料应沿井管周围均匀连续填入，并应随填随测。

6.6.4.5　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。

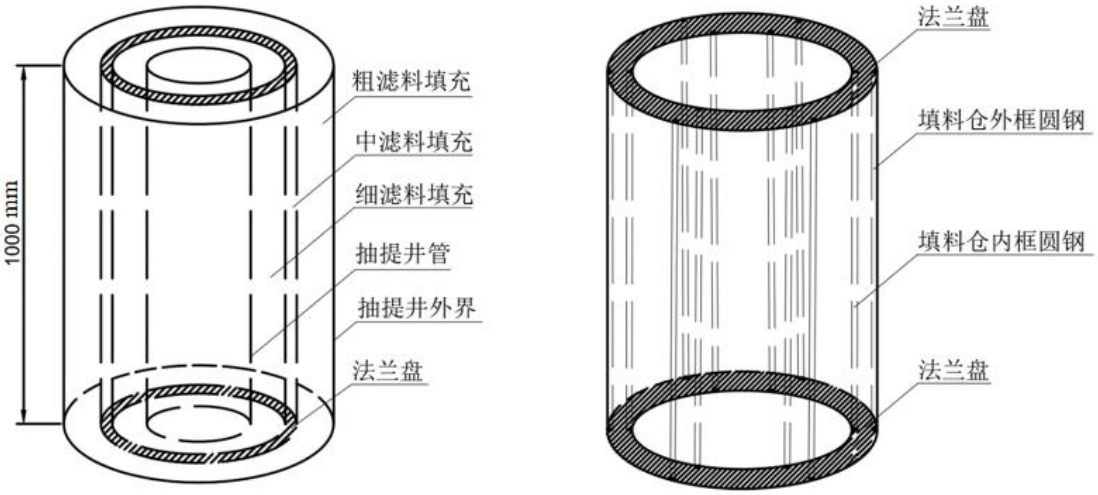

图 2 多级填料仓结构示意图

6.6.4.6　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；

6.6.5　洗井

6.6.5.1　洗井应在井管安装后立即进行，并应从上部开始逐渐加深。

说明：洗井设计和安装应符合《管井技术规范》GB 50296 和《地下水监测井洗井、修井

技术规范》DB41/T 2500 的规定。

6.6.5.2　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。

6.6.5.3　松散层抽提井宜采用活塞与压缩空气联合洗井；碳酸盐岩类地区的抽提井，宜采用液态二氧化碳配合六偏磷酸钠或盐酸联合洗井方法；碎屑岩岩浆岩地区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方法。

说明：洗井方法适用场景来源为 GB50296-2014《管井技术规范》。

6.6.5.4　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。

6.7 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。

说明：参考《废弃井封井回填技术指南（试行）》

6.8 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。

说明：完善保护管理制度，加强对多相抽提小组现场工人的保护意识教育，每天安排专员负责的井管维保工作。

7　标准实施的环境效益与经济技术分析

标准内容体现了多相抽提井构建和安装的完整流程。本标准推荐的技术参数为当前较为完整的多相抽提井安装模式，选取的参数符合我国实际情况，且借鉴了相当数量的污染地块修复实例，是成熟、可靠、优化的修复技术。标准实施后可带来以下效益：

（1）有利于国家及我省相关环保政策的贯彻执行，本标准严格遵循国家《土壤污染防

治行动计划》关于预防为主、保护优先、风险管控的土壤污染防治总体思路，从技术层面提出了多相抽提井的总体程序、内容和要求，是《上海市土壤及地下水污染防治“十四五”规划》的重要任务之一，对进一步提高多相抽提技术修复工作的规范性，节省工程投资，全面提升工程质量和效率，推进生态文明环境建设，具有重要而深远的意义，并且能实现良好的环境效益和社会效益；

（2）在土地资源越来越珍贵的今天，如何经济、快速、高效地使用多相抽提技术修复污染的土壤及地下水，使其符合功能区调整后的土地再利用类型功能要求，已成为现代城市环境管理中一项极为重要的挑战。本标准有助于进一步合理合规的推进多相抽提修复技术的发展，同时也对进一步健全多相抽提技术体系具有积极的推动作用。

8 标准实施建议

本标准通过对国内外相关文献的整理与分析、实地调研和咨询，总结近几年来国内外多相抽提井技术从设计、施工、监控、验收等方面的有效经验，经现场实际调研并结合资料整合，完成了本标准的制定。本标准包括了多相抽提井的设计、施工等方面的内容，涉及面广、技术性强。建议在本标准实施过程中广泛听取和收集各方面的意见和建议，根据实际应用情况，对本标准进行不断地修订和完善，使其实用性和可操作性与时俱进，不断满足环境管理和环保工程建设的需求。