

ICS
CCS

团 体 标 准

T/CSES ××××—××××

建设用地土壤低扰动钻探采样技术规范

Technical specification for weak disturbance in situ sampling of
soil in land for construction

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

中国环境科学学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 工作流程	2
5 一般性要求	2
6 采样前准备	3
7 低扰动钻探技术	4
8 样品采集、保存和流转	6
9 质量保证与质量控制	6
10 安全与防护	6
11 应急处置	6
附录 A（资料性）地球物理勘探技术设备适用情况	7
附录 B（资料性）常用钻机钻具参数	8
附录 C（资料性）低扰动钻探技术钻具结构及采样工艺流程示意图	10
参考文献	21

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。

本文件由广东省环境科学研究院提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：广东省环境科学研究院、中国科学院南京土壤研究所、江苏盖亚环境科技股份有限公司、南京大学、中国环境科学研究院、中国地质调查局武汉地质调查中心、中国科学院武汉岩土力学研究所、南京中荷寰宇环境科技有限公司、南京贻润环境科技有限公司、光大环境修复（江苏）有限公司、溧阳市东南机械有限公司、广东省水文地质大队、广州再勇钻探咨询服务有限公司、华测检测认证集团股份有限公司、广东贝源检测技术股份有限公司。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

建设用地土壤低扰动钻探采样技术规范

1 范围

本文件规定了土壤低扰动钻探工作一般性要求、采样前准备、钻探方法与设备选择、低扰动钻探采样技术参数、质量管理与质量控制、安全与防护和应急处置等技术要求。

本文件适用于建设用地相关的土壤环境污染状况调查钻探采样、重点监管单位自行监测钻探采样等工作。

本文件不适用于放射性污染和致病性生物污染相关土壤低扰动钻探采样工作。

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（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 9151 钻探工程名词术语

GB/T 32722 土壤质量 土壤样品长期和短期保存指南

GB 50021 岩土工程勘察规范

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ 164 地下水环境监测技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ 1019 地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则

DZ/T 0362 浅层取样钻探技术规程

JGJ 89 原状土取样技术标准

AQ 2004 地质勘探安全规程

T/CAEPI 14 污染地块勘探技术指南

《重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规定(试行)》（环办土壤〔2017〕67号）

《建设用地土壤污染状况初步调查监督检查工作指南（试行）》（生态环境部公告2022年第17号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤低扰动采样 soil weak disturbance sampling

指原位应力状态的改变，引起土壤的理化性质发生极小变化，仍能满足室内试验各项要求的钻探扰动程度的采样活动。

3.2

钻探 drilling

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

3.3

套管护壁 sleeve protection of hole wall

T/CSES ××××—××××

指将螺纹连接或焊接的管柱下入钻孔内，保护孔壁的方法。

3.4

中空螺旋钻 hollow-stem augers

指以合金钢管作为中心组件，钢管外侧安装螺旋叶片的一种钻探工具。

3.5

直接推进钻探 direct push drilling

指利用钻机动力头的冲击力或激振力和钻具自身重力将特定装置直接推入土层实现钻进的钻探方法。

3.6

声波振动钻探 sound vibration drilling

指利用高频振动力、回转力和压力使钻头切入土层实现钻进的钻探方法。

3.7

中空螺旋回转钻探 hollow-stem augers rotary drilling

指通过利用中空螺旋钻的钻杆将回转力矩传递至孔底，同时施加一定的轴向力实现钻进的钻探方法。

3.8

双动双套管 simultaneously push dual tube

指由内套管和外套管组合，内外套管可被同步推入土层的钻具。

4 工作流程

土壤低扰动钻探采样工作流程包括地下情况分析、钻探方法与设备选择、土壤样品采集、样品保存和流转等内容，工作程序如图1所示。

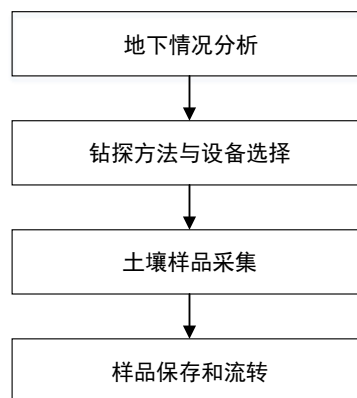


图1 土壤低扰动采样工作流程图

5 一般性要求

5.1 基本原则

5.1.1 当利用钻机的给进系统施压时，应保证具有连续贯入的足够行程。采样后土样尽量保持原状。

5.1.2 岩芯应在整个钻探深度内保持基本完整、连续。根据不同的土壤污染物采样检测需求，钻孔内径的设置建议参数如表 1 所示。

表 1 不同污染物土样采集钻孔内径设置参考参数

项目	钻孔内径 (mm)	岩芯样品长度 (cm)
重金属、pH、总氟化物、氰化物	50~130	50
挥发性有机物		5~10
半挥发性有机污染物、石油烃		20
注：根据相关技术规范中土壤不同污染物采样量要求，土壤密度默认为 1.5 g/mL		

5.1.3 应使用无浆液钻进方式进行钻探。必要时，钻进过程中全程套管跟进，防止钻孔坍塌。

5.1.4 不同采样点间应清洗钻头、钻杆、套管及采样管（与样品无直接接触或使用一次性的除外）等。

5.1.5 钻具清洗水、废弃土样应统一收集和處理。

5.2 钻进深度及测量

5.2.1 钻进深度应根据岩土鉴别、地层分布、地下水埋深以及满足污染物分布情况确定。

5.2.2 每次钻进深度不应超过采样管有效长度。

5.2.3 钻进深度和土层分层深度的测量精度，最大允许偏差为±0.05 m。

5.2.4 采取土样的起始深度与钻进深度的误差不宜超过 0.05 m。

5.2.5 每钻进 10 m 和终孔后，应校正孔深，并宜在变层处校核孔深。

5.3 预防岩芯堵塞

5.3.1 一个钻进回次没有完成时不应随意提动钻具，预防卡簧卡断岩芯，造成岩芯堵塞。

5.3.2 需要取心时首先要提钻卡断岩芯，防止残留岩芯在下一个钻进回次堵塞钻具。

5.3.3 在岩石破碎地层会频繁发生岩芯堵塞事故，可提高泥浆粘度，减小泵量，减少岩芯堵塞事故。

5.4 预防卡钻

5.4.1 应设计合理的钻孔结构，及时下入套管或进行灌浆处理。

5.4.2 升降钻具要平稳。

5.4.3 适当加大扩孔器的外径。

5.4.4 根据地层情况，调整转速、钻压，减少钻杆对孔壁的破坏。

5.4.5 钻进过程中如发现钻具突然剧烈跳动，证明钻孔内掉入了碎石，此时极易发生卡钻事故，需要进行试探性钻进，一旦发生主轴转速降低需要立刻向上提动钻具，避免卡钻。

6 采样前准备

6.1 地下情况分析

应与相关单位确认地下是否存在罐槽、电缆、管线、集水井和检查井等地下构筑物，对地下情况不确定时，应使用物探设备或手工钻探设备对地下情况进行排查。物探方法的选择可参考附录A。

6.2 钻探方法与设备选择

6.2.1 根据不同地质条件和污染物类型，选择合适的钻探方法，常见岩土类别及关注污染物适用的低扰动钻探方法见表 2。

表 2 常用的低扰动钻探方法及适用性

钻探方法	钻进深度 (m)	适用岩土类别					适用特征污染物类型					
		黏性土	粉土	砂土	碎石土	岩石	重金属污染物	有机污染物		重金属和有机复合污染物		
								挥发性有机物	半挥发性有机物	化学性质不稳定污染物	化学性质稳定的污染物	
直接推进钻探	<30	++	++	++	-	-	++	+	++	+	++	
声波振动钻探	>30	++	++	++	+	+	++	++	++	++	++	
套管护壁冲击钻探	<40	+	++	+	+	-	++	++	++	++	++	
中空螺旋回转钻探	>100	++	++	++	++	++	+	-	+	-	+	

注：++：适用；+：部分适用；-：不适用。

6.2.2 钻探方法确定后，应结合项目目标、地块水文地质条件、取样要求等因素选择适宜的钻机、钻具以及对应的取样器。

6.2.3 钻机钻进动力、最大钻进深度、适用条件、扰动情况等参数见附录 B 表 B.1。在钻机确定后，结合钻机类型和取样工艺方法进行选择合适的钻具以及对应的取样器，常用钻具、取土器类型见附录 B 表 B.2。

7 低扰动钻探技术

7.1 直接推进钻探

7.1.1 适用范围

适用于松散沉积的黏性土、粉土、砂土。

7.1.2 技术参数

冲击锤工作压力 (MPa)	主缸速度 (mm/s)	冲击力度 (N)	冲击能 (J)
8~15	约 250mm/s (下压速度) 约 150mm/s (回拔速度)	4000~6000	75~678

7.1.3 注意事项

7.1.3.1 可根据地块条件确定最大钻探深度，钻探深度一般不超过 30 m。

7.1.3.2 套管、驱动头、驱动帽等部件之间的连接处不应使用润滑油。

7.1.3.3 使用单套管连续钻探时衬管底部与套管不应留有空隙。

7.1.3.4 应采用快速、连续静压方式贯入取土器。当利用钻机的给进系统施压时，应保证具有连续贯入的足够行程。

7.1.3.5 使用单套管取样过程中遇到衬管经常破损的情况，应更换为双套管取样工艺。

7.2 声波振动钻探

7.2.1 适用范围

适用于黏性土、粉土、砂土、砾石、卵石等各类土层样品采集。

7.2.2 技术参数

岩土类型	频率 (Hz)	转速 ($r \cdot \min^{-1}$)	输出扭矩 ($N \cdot m$)	推进力 (kN)	起拔力 (kN)
砂土 (包括流沙)、粉砂土、粉土、粘土、粉质粘土、黄土	0~60	60~120	0~500	0~30	0~30
建筑堆积物、垃圾堆积物 (包括木头、钢板、混凝土、沥青等) 覆盖层、砂岩、碎石、中风化灰岩	50~120	0~60	300~1000	30~50	30~50
砾石、卵石、块石、漂石、冰碛物、玄武岩、页岩、板岩等软质岩层	60~150	0~50	400~1200	30~50	30~50

7.2.3 注意事项

7.2.3.1 钻进过程中应采取避免交叉污染的措施，钻进过程中不宜使用泥浆、添加剂或其它冲洗介质。

7.2.3.2 应采用连续振动结合静压方式将取样器切入土壤，切入速度不应小于 0.5 m/min；当利用钻机的给进系统施压时，应保证具有连续切入的足够行程。

7.3 套管护壁冲击钻探法

7.3.1 适用范围

适用于黏性土、粉土、砂土等地层。

7.3.2 技术参数

冲击锤质量 (kg)	锤距 (m)
60、100	<2

7.3.3 注意事项

7.3.3.1 钻进过程无水钻进，特殊情况下也可使用不影响土壤理化性质的冲洗液；

7.3.3.2 启动振动器后，应缓慢放松钢丝绳，少松勤放，不得一次放绳过多，导致振动器倾斜。为防止振动器倾斜，应设有钢丝绳导轮或导正架；

7.3.3.3 钻进中应根据进尺快慢和振动器工作稳定情况，适当调节给进的间距，保持钻进最佳效果；

7.3.3.4 振动冲击钻进遇有孔内阻力，应采取边振动边提拉的办法，不得强力提拉。

7.4 中空螺旋回转钻探法

7.4.1 适用范围

适用于粘土层、砂层取样，也可采取少量风化程度较高的岩样。

7.4.2 技术参数

钻压	钻头旋转速度	冲击力度	频率
70~183 KN	50~100 r/min	4000~6000 N	34 HZ

7.4.3 注意事项

7.4.3.1 地下水位以上或以下土层钻探，均应采用无浆液钻探，遇到粉土层或砂土层为防止塌孔，应采用套管跟进钻探工艺。

7.4.3.2 当污染物类型为挥发性有机物时，不宜采用空气循环介质。

7.4.3.3 当钻探深度内有多个含水层时，应及时进行分层止水，止水材料不应造成二次污染，可变速钻进。

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

7.4.3.5 钻进过程中应保持中空螺旋和半合管垂直于水平面，并保持半合管处于中空螺旋内的中心位置。

8 样品采集、保存和流转

样品采集、保存和流转应符合 HJ 25.1、HJ 25.2、HJ/T 166 和《重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规定(试行)》的相关要求。样品长期保存时间及条件参照 GB/T 32722 中表 A.1。

9 质量保证与质量控制

9.1 质量保证

质量保证应符合 HJ 25.1、HJ 25.2、HJ/T 166、DZ/T 0362 中的相关要求。

9.2 质量控制

质量控制应按照 HJ 1019 中的相关要求。

10 安全与防护

内容包括钻探设备安装、拆卸、搬迁过程、升降钻具使用过程、钻进过程、套管事故处理过程与孔内事故处理过程，详见 AQ2004。

11 应急处置

11.1 岩芯堵塞事故处理

发生岩芯堵塞事故后，需要提钻清理钻具和孔底的残余岩芯。

11.2 卡钻事故处理

11.2.1 100 m 以内的钻孔发生卡钻或埋钻事故后，可紧贴被卡或被埋的钻杆重新开孔，待被卡或被埋钻杆中心有钻井液返出时即可解卡。

11.2.2 钻进中发生钻具折断或脱落事故，用丝锥对好后，应立即提钻，不允许继续钻进和卡取岩芯。

11.3 再开孔采样

11.3.1 如因各种事故导致当前土孔无法继续钻进或采样时，应从当前土孔为圆心，从半径 0.5 m~1m 处周边区域重新进行开孔钻探，并按方案设计深度进行采样。

11.3.2 原土孔已有样品的采样深度无需在新土孔重新采样。

附录 A

(资料性)

地球物理勘探技术设备适用情况

表 A.1 地球物理勘探技术设备适用情况表

地球物理勘探方法	适用情况	物探设备
探地雷达法	地下爆炸物、非金属管线、非开挖管线	便携式探地雷达、手推式探地雷达、车载式探地雷达
高精度磁法	地下爆炸物、地下历史遗迹、城市外围深埋、大口径钢筋水泥供水管	质子磁力仪、光泵磁力仪及磁通门磁力仪
电磁感应法	浅埋的金属管线或有金属骨架的电缆	管线探测仪
直接量取法	可开井的排水管道	L 型量杆
高密度电法	天然洞穴和地下构筑物	高密度电法仪

附录 B

(资料性)

常用钻机钻具参数

表 B.1 给出了常用的低扰动钻机的技术特点、适用土层以及污染地块类别情况的介绍。

表 B.1 常用钻机参数一览表

序号	类型	适用钻探方法	钻进动力	最大钻进深度	适用条件	扰动情况
1	直推式钻机	直接推进钻探	高频液压	30 m	软到中等硬度地质	对土层扰动小；加热试样，会损失易挥发污染物
2	声波振动钻机	声波振动钻探	声波振动	50 m	适用于交通不便、取水方便地区的钻进取样或成孔	对土层扰动小；基本不用钻进液，无化学干扰，土壤污染小
3	履带式声频钻机	声波振动钻探	超高频振动加低速回转	100 m	适用于覆盖层和软质基岩。	对土层扰动小；基本不用钻进液，无化学干扰，土壤污染小
4	30 等型号工程钻机	套管护壁冲击钻探	重锤冲击、钢丝绳冲击钻进	30 m	适用于除岩土以外的各种常见地层	对样品扰动较小
5	车载取样钻机	套管护壁冲击钻探、中空回转钻探	重锤冲击、钢丝绳冲击钻进、螺旋钻进以及冲击回转钻进	50/100 m	适用于交通便利、干旱缺水、对水体生态有保护要求、限制泥浆排放的地区	对样品扰动较小
6	中空回转钻机	中空回转钻探	高频液压	30 m	合使用螺旋中空钻杆，可取地下水样或建造地下水监测井	采用无浆液钻进时，对样品扰动较小
7	便携式冲击取样钻机	中空回转钻探	冲击回转	5 m	适用于 5 m 以内的土层、沙层取样，也可采取少量风化程度较高的岩样	采用无浆液钻进时，对样品扰动较小
8	便携式回转取样钻机	中空回转钻探	单管金刚石钻进、螺旋钻进	5 m	适用于交通不便，基岩出露、半出露地区以及覆盖层<5 m 的地区	采用无浆液钻进时，对样品扰动较小

表 B.2 给出了常用的钻具/取土器操作参数。

表 B.2 钻具/取土器选择参数

序号	钻具类型	适用钻探方法	适用岩土类型	外套管 直径 (mm)	钻具/取土器 内径 (mm)	取样管材质	是否具有岩土 防回落装置	具体结构
1	直推式取土器	直接推进钻探	黏土、杂填、沙土	48 (内径) /72 (内径)	32/50	PVC 透明管	是	附录 C 图 C.1
			流沙卵砾石型土壤	102	67	金属		
2	活塞式钻具	声波振动钻探	砂土 (包括流沙)、粉砂土、粉土、粘土、粉质粘土、黄土	85 (内径)	52	PVC 透明管	是	附录 C 图 C.3
3	双壁式钻具	声波振动钻探	砾石、卵石、块石、漂石、冰碛物、玄武岩、页岩、板岩等软质岩层	85 (内径)	52	PVC 透明管	是	附录 C 图 C.4
4	单壁式钻具	声波振动钻探	建筑堆积物、垃圾堆积物 (包括木头、钢板、混凝土、沥青等) 覆盖层、砂岩、碎石、中风化灰岩	90 (内径)	52	PVC 透明管	是	附录 C 图 C.5
5	中空螺旋半合管*	中空回转钻探	胶泥	38~88	83	—	是	附录 C 图 C.7
6	侧开窗式取土器*	直接推进钻探、 声波振动钻探、 套管护壁冲击钻探	填土、软塑土层、沙层	127~168	100	—	是	附录 C 图 C.10、 图 C.11
7	双套管取土器*	套管护壁冲击钻探	填土、软塑土层、沙层	127~168	100	—	是	附录 C 图 C.12
8	双动双套管*	直接推进钻探、 声波振动钻探、 中空回转钻探	黏土	38~88	77	—	是	附录 C 图 C.13

标注*号的钻具为钻杆直接采样，无外加采样管

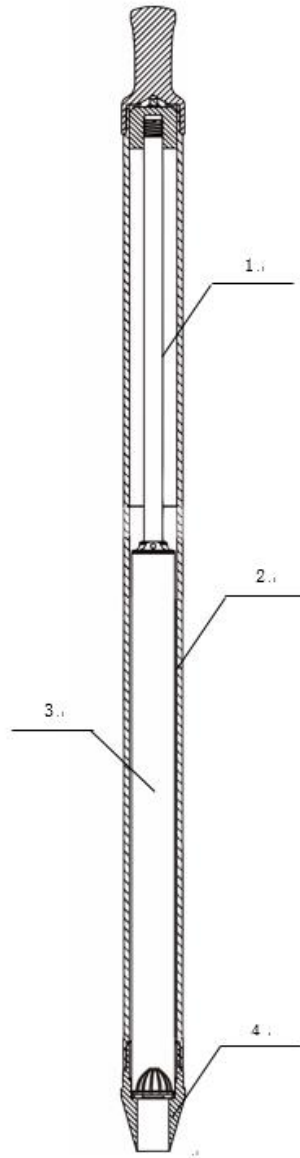
附录 C

(资料性)

低扰动钻探技术钻具结构及采样工艺流程示意图

C.1 直接推进钻探

C.1.1 钻具结构示意图

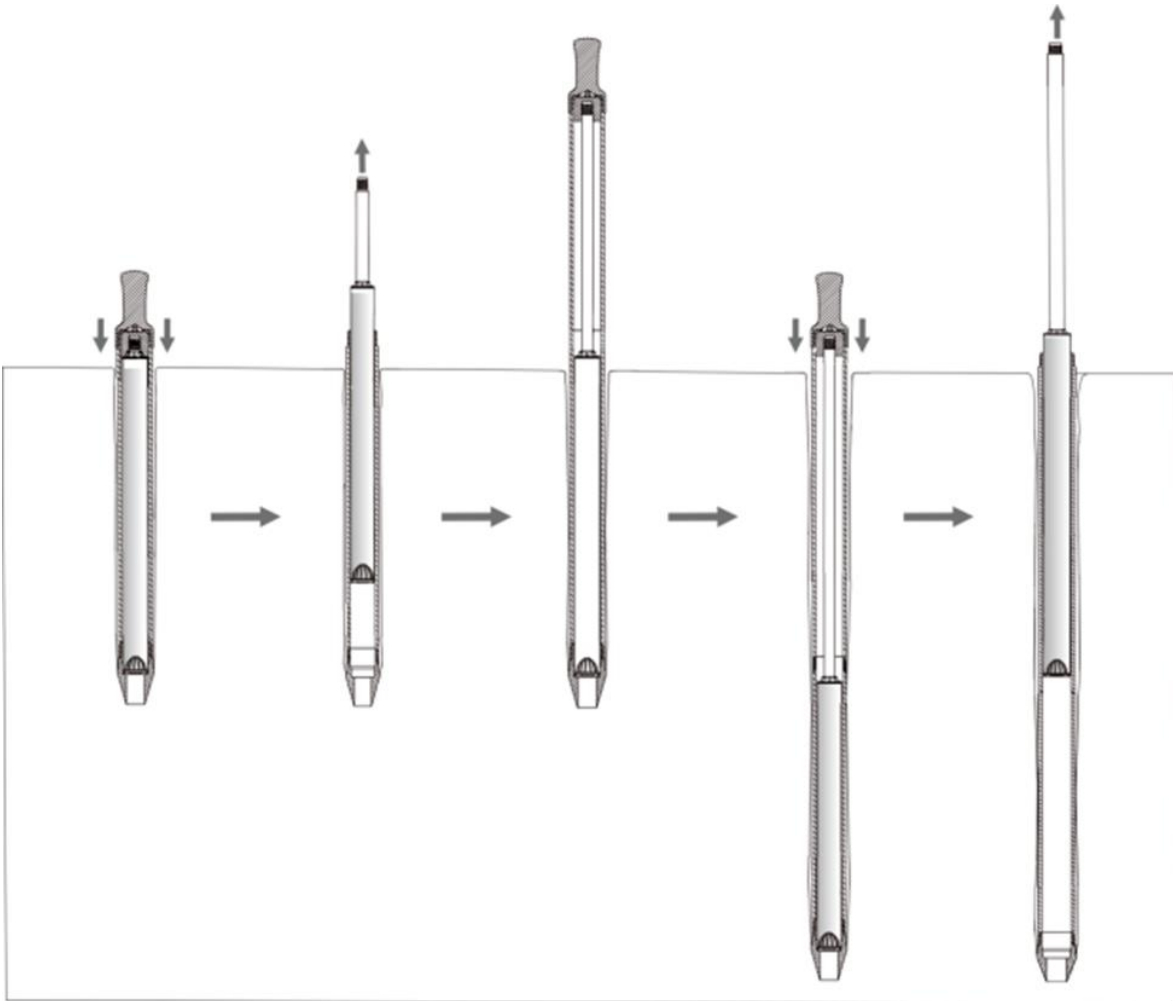


标引序号说明：
1——内套管；
2——外套管；
3——衬管；
4——切削钻头。

图C.1 直推式土壤采样钻具结构示意图

C.1.2 采样工艺流程

- a) 将衬管和切削钻头与外套管组装；
- b) 利用直推钻探设备将组装后的外套管推入指定深度；
- c) 利用内套管将装有土壤样品的衬管回拔至地面，获取对应地层土壤样品；
- d) 根据取样深度，依次增加外套管；
- e) 将衬管与内套管连接并置于外套管中，重复 b-d 操作，直至完成土壤采样工作。



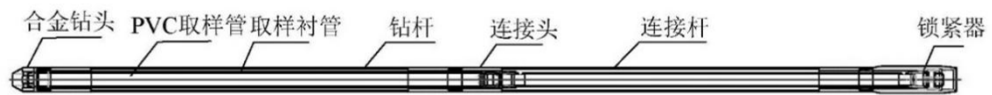
图C.2 直推式土壤钻探采样技术工艺流程图

C.2 声波振动钻探

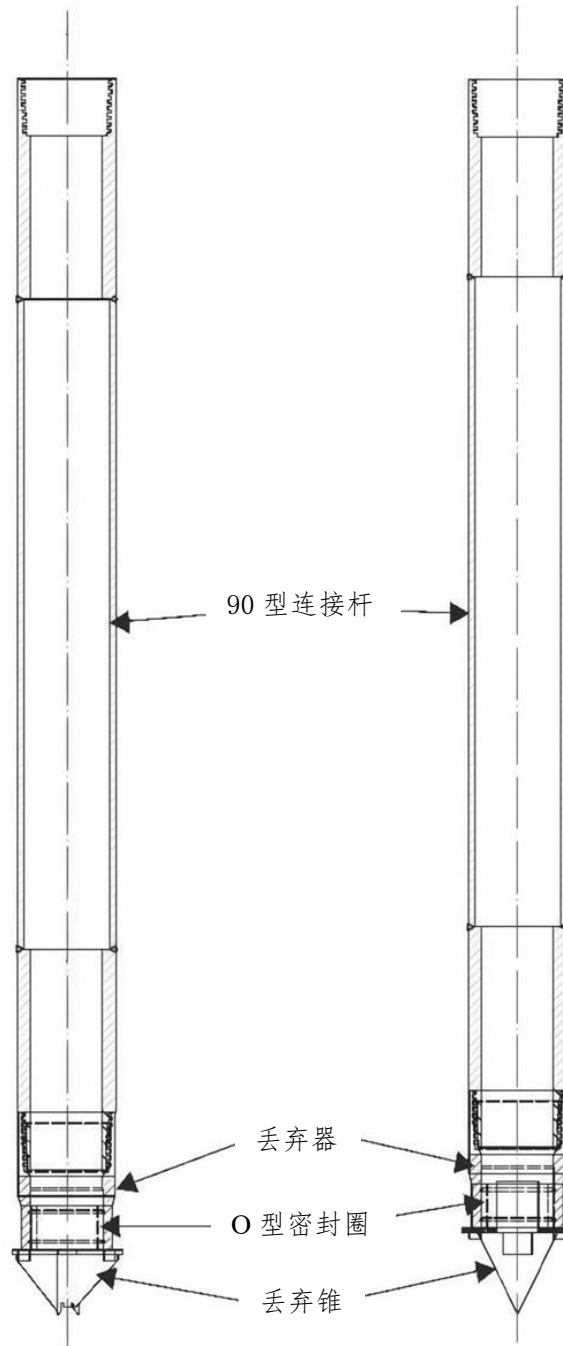
C.2.1 钻具结构示意图



图C.3 活塞式土壤采样钻具结构示意图



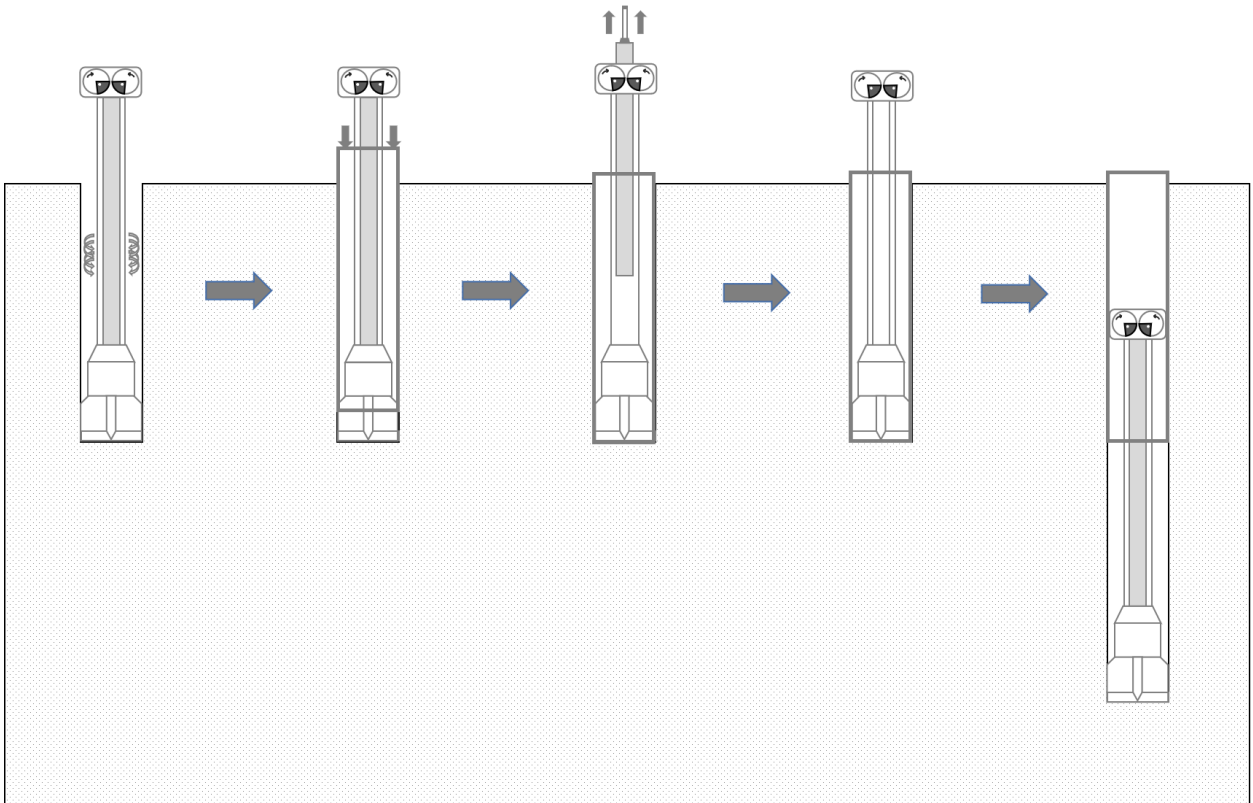
图C.4 双壁式土壤采样钻具结构示意图



图C.5 双壁式土壤采样钻具结构示意图

C.2.2 采样工艺流程

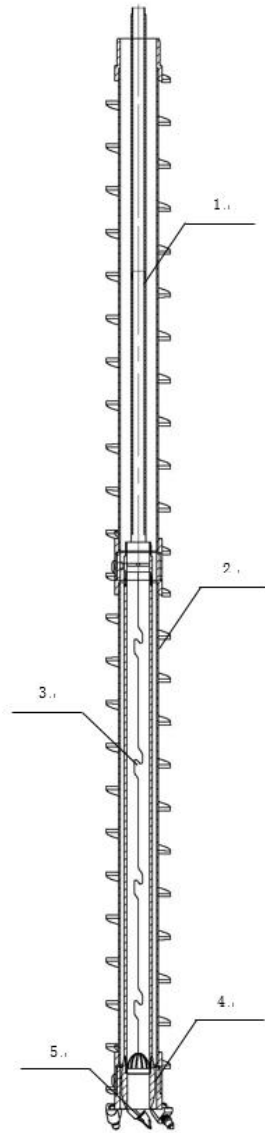
- a) 组装取样钻杆
- b) 切入地下（一般为 170 cm），推进内层衬管，然后推进外层套管；
- c) 通过内置钻（延长）杆提出内层衬管，将取样管从内层衬管中取出，提取岩土样；
- d) 重新安装新的取样管并放入内层衬管中，然后统一放入外层套管中；
- e) 再次推进内层钻管和外层套管，重复 b-d 操作，直至完成土壤采样工作。



图C.6 声波振动钻探技术采样工艺流程图

C.3 中空螺旋回转钻探

C.3.1 钻具结构示意图

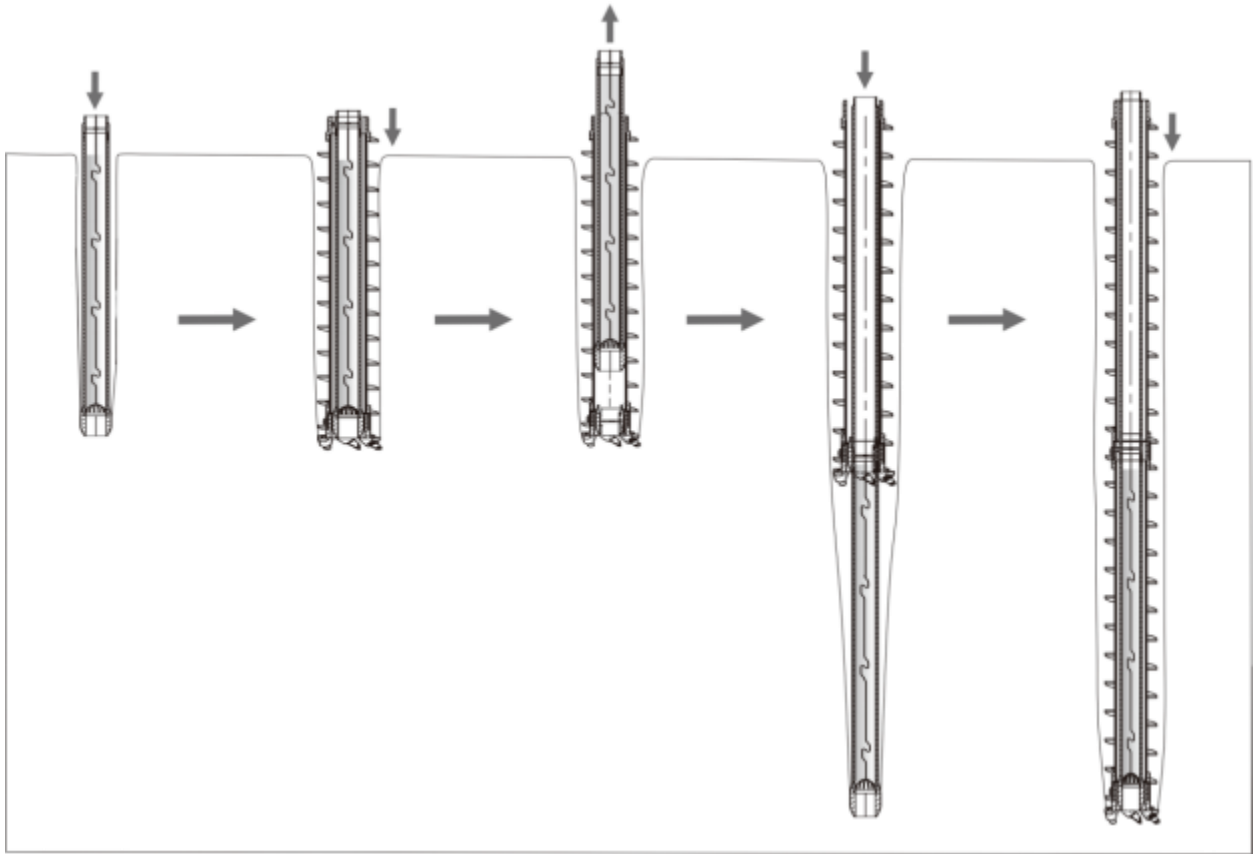


- 标引序号说明：
1——内套管；
2——螺旋钻；
3——半合管；
4——半合管钻头；
5——切削钻头。

图C.7 中空螺旋半合管采样钻具结构设计意图

C.3.2 采样工艺流程

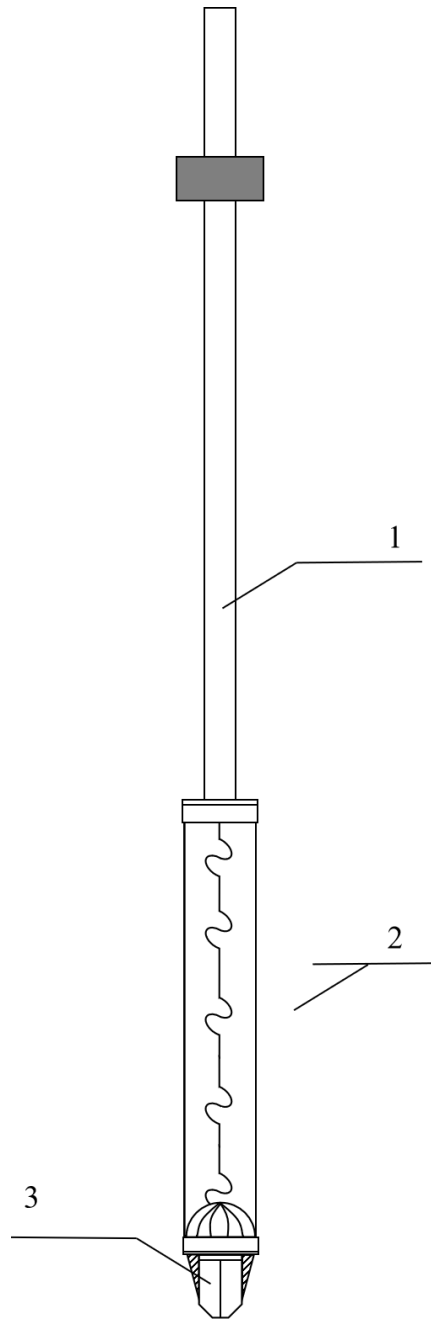
- a) 组装取样钻杆
- b) 切入地下（一般为 170 cm），推进内层衬管，然后推进外层套管；
- c) 通过内置钻（延长）杆提出内层衬管，将取样管从内层衬管中取出，提取岩土样；
- d) 重新安装新的取样管并放入内层衬管中，然后统一放入外层套管中；
- e) 再次推进内层钻管和外层套管，重复 b-d 操作，直至完成土壤采样工作。



图C.8 中空螺旋回转钻探技术采样工艺流程示意图

C.4 套管护壁冲击钻探法

C.4.1 钻具结构示意图

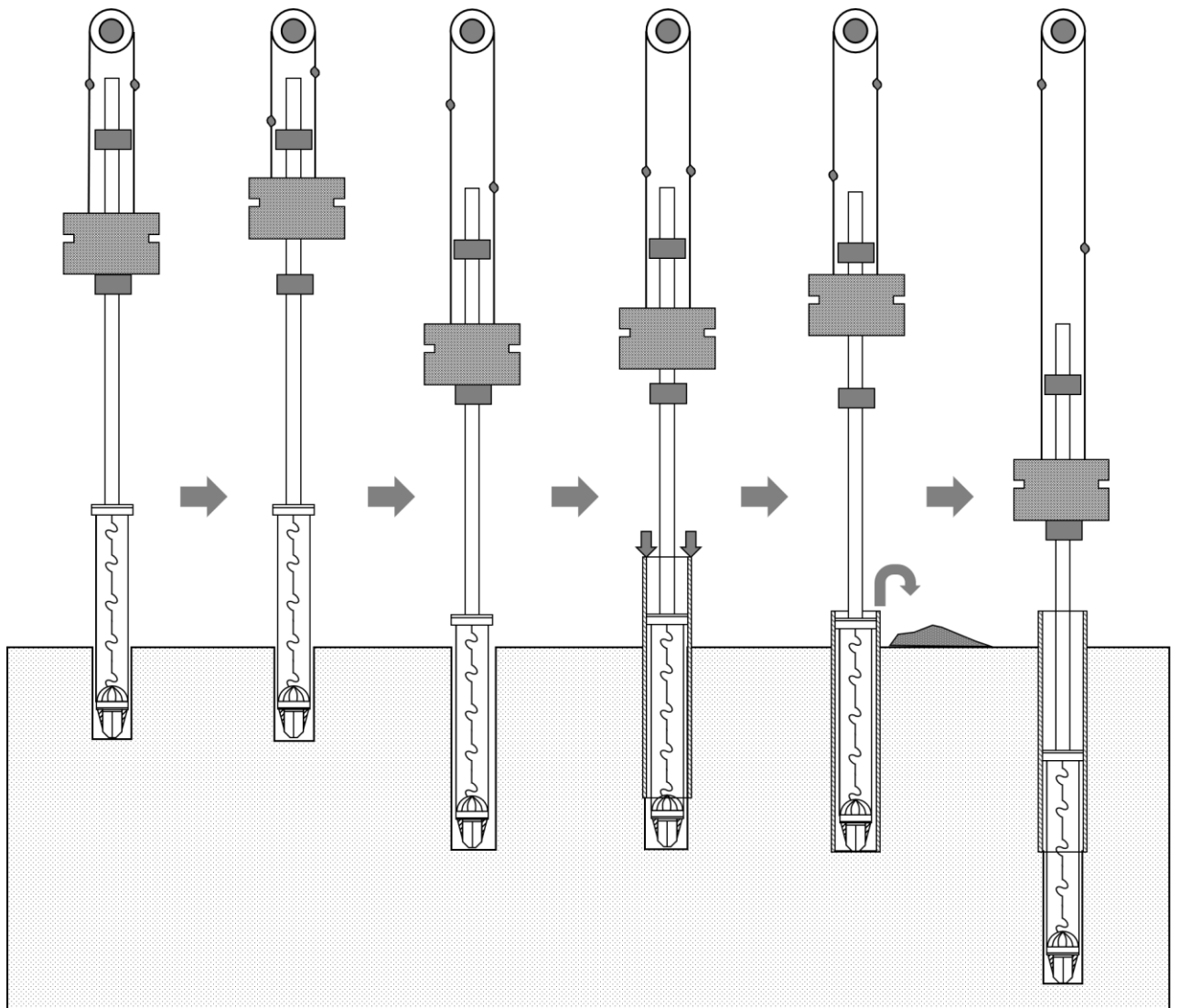


标引序号说明：
1——钻杆；
2——半合管；
3——半合管钻头。

图C.9 冲击用双套管取土器结构示意图

C. 4.2 采样工艺流程

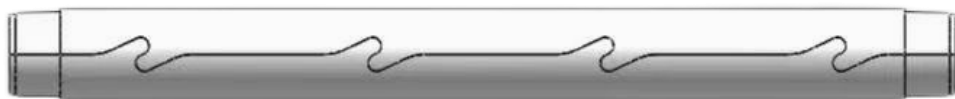
- a) 无套管护壁情况下将钻具及取样器冲击钻进至 0.5 m，
- b) 将钻具及取样器提出并进行样品采集，将套管放入孔中，将套管推进至 0.5 m，
- c) 对套管内残土弃用，倒入废弃土收集桶统一处理。
- d) 完成残土掏空后，将钻具及取样器冲击钻进至 1.0 m，将钻具及取样器提出并进行样品采集。
- e) 重复 a-d 操作，直至钻探深度达到方案设计深度并完成采样为止。



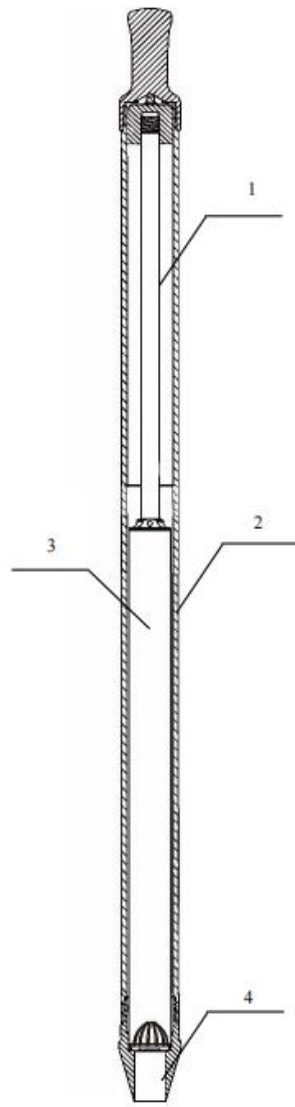
图C. 10 套管护壁冲击钻探技术采样工艺流程示意图



图C. 11 半开合取土器结构示意图



图C. 12 半开合取土器结构示意图



- 标引序号说明：
1-内套管；
2-外套管；
3-衬管；
4-切削钻头。

图C. 13 双动双套管结构示意图

参 考 文 献

- [1]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
- [2]GB 9151-1988 钻探工程名词术语
- [3]GB 50021-2001 岩土工程勘察规范
- [4]HJ 25.1-2019 建设用地土壤污染状况调查技术导则
- [5]HJ 25.2-2019 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则
- [6]HJ/T 164-2020 地下水环境监测技术规范
- [7]HJ/T 166-2004 土壤环境监测技术规范
- [8]AQ 2004 地质勘探安全规程
- [9]JGJ 89-1992 原状土采样技术标准
- [10]T/CAEPI 14-2018 污染地块勘探技术指南
- [11]《建设用地土壤污染状况初步监督检查工作指南（试行）》（生态环境部公告2022年第17号）
- [12]《重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规定（试行）》（环办土壤〔2017〕67号）
- [13]吴光琳. 声波钻进技术的发展及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004, 31(3):39-41.
- [14]郭雁军, 蔡毓剑, 吉咸伟. 城市地下管线探测方法研究[J]. 电力勘测设计, 2020(S2):135-140.
- [15]王勇. 城市地下管线探测技术方法研究与应用[D]. 吉林大学, 2012.
- [16]李学军. 我国城市物探的应用与发展[J]. 地球物理学进展, 2011, 26(06):2221-2231.
-