



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111036660 A

(43)申请公布日 2020.04.21

(21)申请号 201911421565.6

(22)申请日 2019.12.31

(71)申请人 北京高能时代环境技术股份有限公司

地址 100095 北京市海淀区地锦路9号院13号楼-1至4层101内一层

(72)发明人 邓绍坡 苗竹 生贺 李淑彩
吕正勇 叶照金

(74)专利代理机构 北京汇信合知识产权代理有限公司 11335

代理人 郭河志

(51)Int.Cl.

B09C 1/00(2006.01)

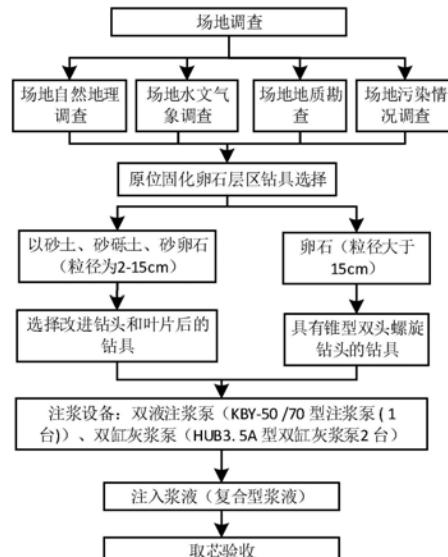
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法

(57)摘要

本发明公开了一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法，包括：根据原位固化卵石层情况，选择桩机钻具或锥形双头螺旋钻具；通过注浆设备对复合型浆料进行注浆；注浆完成后进行取芯验收。本发明主要作用于原位修复污染场地，通过地层分析了解卵石层分布及污染情况，改进钻孔设备、注浆设备，以解决普通原位注入在卵石地层中钻孔困难的施工技术难题；通过检测分析卵石层污染指标及其污染情况，选用具有抗分散性的浆液以达到较好的固化胶结状态，解决普通原位注入在卵石层中固化效果差、难以形成胶结效果的技术难题；本发明的原位固化方法对类似工程的原位固化施工积累经验具有重要的理论和实践意义。



1. 一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法,其特征在于,包括:

根据原位固化卵石层情况,选择桩机钻具或锥形双头螺旋钻具;其中,当卵石层为砂土、砂砾土、砂卵石且粒径为2~15cm的地层时,选择桩机钻具;当卵石层为砂卵石粒径大于15cm的地层,选择锥形双头螺旋钻具;

通过注浆设备对复合型浆料进行注浆;其中,所述注浆设备包括双液注浆泵、双缸灰浆泵中的一种或多种,所述复合型浆料包括水和灰料,所述灰料膨润土、水玻璃和固化剂;

注浆完成后进行取芯验收。

2. 如权利要求1所述的原位固化方法,其特征在于,所述锥形双头螺旋钻具包括斜角叶片、钻头和钻杆;

所述斜角叶片安装在所述钻杆的侧壁上,所述钻头安装在所述钻杆端部,所述钻头为加装有密实核的锥形双头螺旋钻头。

3. 如权利要求1所述的原位固化方法,其特征在于,所述注浆设备选用1台双液注浆泵和2台双缸灰浆泵,所述注浆设备的注浆起始压力为0.5MPa,注浆终止压力为1.2MPa。

4. 如权利要求1所述的原位固化方法,其特征在于,所述双液注浆泵为KBY-50/70型注浆泵,所述双缸灰浆泵为HUB3.5A型双缸灰浆泵。

5. 如权利要求1所述的原位固化方法,其特征在于,所述复合型浆料的水灰质量比0.7:1,所述膨润土占所述灰料质量的5%,所述水玻璃占所述灰料质量的5%。

6. 如权利要求1或5所述的原位固化方法,其特征在于,所述固化剂包括钙基固化剂和铁基固化剂中的一种或多种。

7. 如权利要求6所述的原位固化方法,其特征在于,所述钙基固化剂为硝酸钙与硅酸钠的复配固化剂,所述硝酸钙的添加量为所述灰料质量的0.5%,所述硅酸钠的添加量为所述灰料质量的1.5%。

8. 如权利要求6所述的原位固化方法,其特征在于,所述铁基固化剂为硫酸亚铁,以铁计,所述铁基固化剂的添加量为所述灰料质量的1%。

9. 如权利要求1所述的原位固化方法,其特征在于,在注浆过程中,需计算单位体积的注浆量,其计算公式为:

$$Q = K\alpha\beta V$$

式中:Q为单位体积的注浆量,K为损耗系数,α为地层孔隙率,β为地层充填系数,V为加固体体积。

10. 如权利要求1所述的原位固化方法,其特征在于,所述取芯验收为:

注浆结束后7d-15d开始取芯,采用地质百米钻机以双管单洞方式取芯。

一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及污染治理技术领域,具体涉及一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法。

背景技术

[0002] 随着城市化和工业化的深入发展,作为人类生存与发展所必须的自然资源之一的土壤却面临着日益严重的环境安全问题。重金属污染土壤中以Cd、Zn、Pb、As、Hg污染为主。残留在土壤中的重金属因不能被微生物降解,而很难消除,且可以通过地下水或食物链等途径进入人体,严重影响人类健康。

[0003] 原位固化技术是指直接在污染区域内向土壤中加入一种或多种外源物质,通过吸附、沉淀、固化等一系列反应,改变污染土壤的理化性质,降低重金属在土壤中的可迁移性和生物有效性,而无需将污染土壤挖出或运走的重金属污染土壤处理技术。原位固化技术因其周期短、见效快、效果稳定而越来越多地被运用于重金属污染土壤修复工程中。

[0004] 在原位固化污染场地中,由于地层复杂,往往会出现原位固化区域涉及到卵石层的修复,而常规原位固化方法存在着在卵石层中难以施工和难以形成固化体的困难。砂卵石地层是一种典型的力学不稳定地层,其结构松散、无胶结、卵石粒径大小不等,具有土体内摩擦角大、塑流性差、渗透系数大、稳定性差的特点。砂卵石层的存在对需要进行原位处置的场地增加了难度。

[0005] 原位固化操作主要包括以下流程:原位固化药剂的选择、配置(浆液或浆糊、干料)、输送、固化材料与目标污染介质的混合搅拌。在原位固化中,通常选用普通水泥作为固化浆液;其原因为:由于其可注性好,注浆时能够得到较大的注浆量和注浆加固范围;结石体强度高,能有效地提高地层的承载能力。但普通水泥单液浆抗分散性能差,易被地下水稀释,影响其强度和堵水性能,且由于其收缩率较大,因而不宜在富水、流速大、对堵水要求很高的条件下采用。另外,仅注入水泥可能难以达到某些重金属目标污染物的浸出标准。因此在富水圆砾和卵石地层中,就要求注浆浆液要有很好的泌水性能和抗分散性能,复合型浆材具有高强、高抗渗、抗风散的特点,在地层中极易形成良好的胶结体,凝胶时间可控,可操作性较强。在富水圆砾和卵石地层中,为了确保浆液不被地下动水稀释冲走,优化采用黏度比较高的浆液。

[0006] 固化药剂对固化效果的影响很大,固化药剂材料通常分为胶结材料和吸附材料。胶结材料是最常见的固化药剂,主要是因为其成本低和可用性强。胶结材料主要包括硅酸盐水泥、粉煤灰、高炉矿渣、硅灰、水泥窑粉尘、各种形式的石灰、石灰窑灰尘等,其中硅酸盐水泥是迄今为止应用最广泛的固化药剂。另外,具有吸附性能的添加剂能够提高固化技术对重金属及半挥发性有机污染物的处理效果,添加剂包括膨润土、活性炭、磷酸盐、橡胶颗粒、胶凝剂等。

[0007] 修复设备的各类参数对固化效果影响显著,主要包括有效作用深度、搅拌速度、药剂扩散效率、处理速率、搅拌时间等。所以针对砂卵石层修复或涉及到砂卵石层土壤修复,

对钻机进行改进并选用适宜的注浆设备和复配浆液就是很有必要的。

[0008] 因此本方法基于卵石层原位固化的需求,对钻具、注浆设备进行改进并提出分散性好的浆液配比,以解决以上困难。

发明内容

[0009] 针对现有普通原位注入在卵石地层中存在钻孔困难、固化困难等问题,本发明提供一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法。

[0010] 本发明公开了一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法,包括:

[0011] 根据原位固化卵石层情况,选择桩机钻具或锥形双头螺旋钻具;其中,当卵石层为砂土、砂砾土、砂卵石且粒径为2~15cm的地层时,选择桩机钻具;当卵石层为砂卵石粒径大于15cm的地层,选择锥形双头螺旋钻具;

[0012] 通过注浆设备对复合型浆料进行注浆;其中,所述注浆设备包括双液注浆泵、双缸灰浆泵中的一种或多种,所述复合型浆料包括水和灰料,所述灰料膨润土、水玻璃和固化剂;

[0013] 注浆完成后进行取芯验收。

[0014] 作为本发明的进一步改进,所述锥形双头螺旋钻具包括斜角叶片、钻头和钻杆;

[0015] 所述斜角叶片安装在所述钻杆的侧壁上,所述钻头安装在所述钻杆端部,所述钻头为加装有密实核的锥形双头螺旋钻头。

[0016] 作为本发明的进一步改进,所述注浆设备选用1台双液注浆泵和2台双缸灰浆泵,所述注浆设备的注浆起始压力为0.5MPa,注浆终止压力为1.2MPa。

[0017] 作为本发明的进一步改进,所述双液注浆泵为KBY-50/70型注浆泵,所述双缸灰浆泵为HUB3.5A型双缸灰浆泵。

[0018] 作为本发明的进一步改进,所述复合型浆料的水灰质量比0.7:1,所述膨润土占所述灰料质量的5%,所述水玻璃占所述灰料质量的5%。

[0019] 作为本发明的进一步改进,所述固化剂包括钙基固化剂和铁基固化剂中的一种或多种。

[0020] 作为本发明的进一步改进,所述钙基固化剂为硝酸钙与硅酸钠的复配固化剂,所述硝酸钙的添加量为所述灰料质量的0.5%,所述硅酸钠的添加量为所述灰料质量的1.5%。

[0021] 作为本发明的进一步改进,所述铁基固化剂为硫酸亚铁,以铁计,所述铁基固化剂的添加量为所述灰料质量的1%。

[0022] 作为本发明的进一步改进,在注浆过程中,需计算单位体积的注浆量,其计算公式为:

[0023] $Q = K\alpha\beta V$

[0024] 式中:Q为单位体积的注浆量,K为损耗系数,α为地层孔隙率,β为地层充填系数,V为加固体体积。

[0025] 作为本发明的进一步改进,所述取芯验收为:

[0026] 注浆结束后7d~15d开始取芯,采用地质百米钻机以双管单洞方式取芯。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0028] 本发明主要作用于原位修复污染场地,通过地层分析了解卵石层分布及污染情况,改进钻孔设备、注浆设备,以解决普通原位注入在卵石地层中钻孔困难的施工技术难题;通过检测分析卵石层污染指标及其污染情况,选用具有抗分散性的浆液以达到较好的固化胶结状态,解决普通原位注入在卵石层中固化效果差、难以形成胶结效果的技术难题;本发明的原位固化方法对类似工程的原位固化施工积累经验具有重要的理论和实践意义。

附图说明

[0029] 图1为本发明一种实施例公开的用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法的流程图;

[0030] 图2为本发明一种实施例公开的改进后的桩机钻具的结构示意图;

[0031] 图3为图2中钻头的结构示意图;

[0032] 图4为本发明一种实施例公开的地块水文地质图;

[0033] 图5为本发明一种实施例公开的修复区原位固化布点孔位及取芯布置图;

[0034] 图6为本发明一种实施例公开的卵石层取芯图。

[0035] 图中:

[0036] 21、斜角叶片;22、钻头;23、钻杆;24、固定轴承;

[0037] 31、压头;32、漏斗状破碎区;33、密实核。

具体实施方式

[0038] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0039] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0040] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0041] 本发明提供一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法,包括:根据原位固化卵石层情况,选择桩机钻具或锥形双头螺旋钻具;通过注浆设备对复合型浆料进行注浆;注浆完成后进行取芯验收。本发明主要作用于原位修复污染场地,通过地层分析了解卵石层分布及污染情况,改进钻孔设备、注浆设备,以解决普通原位注入在卵石地层中钻孔困难的施工技术难题;通过检测分析卵石层污染指标及其污染情况,选用具有抗分散性的浆液以达到较好的固化胶结状态,解决普通原位注入在卵石层中固化效果差、难以形成胶结效

果的技术难题;本发明的原位固化方法对类似工程的原位施工积累经验具有重要的理论和实践意义。

[0042] 下面结合附图对本发明做进一步的详细描述:

[0043] 如图1所示,本发明提供一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法,包括:

[0044] 步骤1、根据原位固化卵石层情况,选择桩机钻具或锥形双头螺旋钻具;具体为:

[0045] 当卵石层为砂土、砂砾土、砂卵石且粒径为2~15cm的地层时,选择如图2所示的改进的桩机钻具;如图2、3所示,针对传统钻机仅能够在软土或砂石土地质结构中作业的特点,本发明的钻机将传统钻机钻杆前端加装具有密实核33的锥形双头螺旋钻头22,增加了遇到大块卵石等坚硬岩性结构的破碎功能;在搅拌叶片的改进为将常规水平叶片结构通过角度调整改装为斜角叶片21,对前端锥形螺旋钻破碎掉的钻屑提高再次切削和向上传输物料的作用。其中,钻杆23为整个结构的中心轴,其下端顶部为螺旋钻头22,中上部叶片21为切削和传输被螺旋钻头22强力破碎的钻屑,固定轴承24为连接叶片21、钻头22、钻杆23的紧固结构。通过改进传统桩机的钻头和叶片,同时增大桩机动力头功率,可以解决普通机械在卵石地层中成桩困难的施工技术难题,该改进钻具适用于卵石地层、强风化岩层等坚硬地层。即通过增大桩机动力头功率,同时对桩机钻头和叶片进行改进,利用改进后的钻头就地钻进切削卵石层,同时在钻头端部将浆液注入卵石层,以形成水泥土固结体,随着灰结反应的持续,固化体的强度得以稳定提高,在卵石地层中强度可提高到0.5~1MPa以上。

[0046] 当卵石层为砂卵石粒径大于15cm的地层,选择如图3所示的锥型双头螺旋钻具,图3为锥型双头螺旋钻具中压头31作用在漏斗状破碎区32中密实核33的示意图;钻进破碎卵石,再用单底盘或双底盘旋挖钻斗捞取岩屑,将孔底基本捞取干净后,再换用螺旋钻头钻进,如此循环。选用锥型螺旋钻头比平底螺旋钻头的钻进速度快,这是因为锥型螺旋钻进稳定性强。

[0047] 以上两种钻具均具有施工速度快,施工工艺简单,注浆速度快;施工能力强,最大有效施工深度可达55m。另外还具有环保节能的优势,施工过程无污染,噪声小,是一种绿色工法。

[0048] 步骤2、通过注浆设备对复合型浆料进行注浆;具体的:

[0049] 本发明的注浆设备包括双液注浆泵、双缸灰浆泵中的一种或多种,优选为1台双液注浆泵和2台双缸灰浆泵,其中,双液注浆泵为KBY-50/70型注浆泵,双缸灰浆泵为HUB3.5A型双缸灰浆泵。注浆起始压力一般0.5MPa,终压为1.2MPa,注浆量保持在0.40m³/m。复合型浆材注浆试验表明,现场注浆压力可以达到设计注浆压力,注浆量可控。

[0050] 本发明的复合型浆料包括水和灰料,灰料膨润土、水玻璃和固化剂;复合型浆液配比见表1。

[0051] 表1

	水玻璃 /Be' 35	水灰质量比 (W:C) 0.7:1	掺和料名称及掺量 (%) 膨润土/5%	掺和料名称及掺量 (%) 水玻璃/5%	凝结时间 /min 25	备注 失去流 动性
[0052]	注浆设 备 HUB3.5 A型双 缸灰浆 泵	注浆起始压力 0.5Mpa	注浆终压 1.2Mpa	注浆量 0.40m ³ /m	取芯时间 7d-15d	取芯方 式 地质百 米钻机 以双管 单洞方 式取芯

[0053] 复合型浆料的制备方法为：

[0054] 1) 复合型浆液的拌制必须根据配合比计算出膨润土的剂量,然后采用专用的膨化池对膨润土进行24h膨化;

[0055] 2) 复合型浆液拌制时首先在注浆桶内放入膨化的膨润土浆液,然后根据配比掺加水泥,水泥和膨润土混合液体强制搅拌3min后再掺入水玻璃,再强制搅拌3~5min后,方可实施注浆。

[0056] 3) 注浆实施过程中,圆砾和卵石层以注浆量控制为主,注浆压力控制在1.2MPa以内;粉土和砂层中以注浆压力控制为主,注浆压力达到设计要求时,可停止注浆;在注浆压力达不到设计要求时,注浆量达到设计要求时,也可停止注浆。

[0057] 复合浆液中可根据需要选择相应固化剂,主要使用材料包括如下几类:

[0058] 1) 钙基固化剂:氢氧化钙(Ca(OH)₂)、乙酸钙(Ca(CH₃COO)₂•H₂O),磷酸氢钙(CaHP₄•2H₂O),羟基磷灰石(Ca₅(PO₄)₃OH)、无水氯化钙(CaCl₂),硝酸钙(Ca(NO₃)₂)•4H₂O。

[0059] 2) 硅基复配材料:硅酸钠(Na₂SiO₃)•9H₂O。

[0060] 3) 铁基固化剂:还原铁粉(Fe)、三氧化二铁(Fe₂O₃)、硫酸亚铁(FeSO₄)•7H₂O,氯化亚铁(FeCl₂)•4H₂O、硫酸铁(Fe₂(SO₄)₃)、氯化铁(FeCl₃)•6H₂O。

[0061] 由于液态固化剂有良好的渗透性,且方便注浆,卵石层的固化使用液态固化剂。液态固化剂在钙基和铁基固化剂中各选一种效果较佳的药剂,钙基固态固化剂选择硝酸钙与硅酸钠的复配固化剂,添加量分别为0.5%和1.5%;铁基固态固化剂选择硫酸亚铁,添加量以铁计约为1%。

[0062] 因此,采用复合型浆液取得了很好的注浆加固效果,可形成较好的胶结体。

[0063] 本发明在注浆过程中,需计算单位体积的注浆量,其计算公式为:

[0064] Q=KaβV

[0065] 式中:Q为单位体积的注浆量,K为损耗系数,一般取1.35;α为地层孔隙率,β为地层充填系数,V为加固体体积;砂卵石层注浆量设计见表2。

[0066] 表2

[0067]	地层类别	注浆体的直径/m	注浆量/(m ³ /m)	填充率	备注
	粗砂层	1.5	0.3	0.2	α=0.35,β=0.6
	砂卵石层	1.5	0.5	0.25	α=0.35,β=0.8

[0068] 步骤3、注浆完成后进行取芯验收。

[0069] 注浆结束后7d-15d开始取芯,采用地质百米钻机以双管单洞方式取芯。在取芯过程中,由于胶结体的强度较高,取芯的钻进速度比较慢。取出芯样含水泥凝胶体较多,浆液抗分散性较好,浆液能够跟地层有较好的胶结,且强度较高,取芯效果能达到较为理想的状态。

[0070] 实施例1:

[0071] 本发明提供一种用于重金属污染砂卵石土层的原位固化方法,包括:

[0072] 步骤1、根据图1规划项目实施过程,案例位于浙江湖州市某地块,地块污染深度为6m,2m-6m主要以卵石层为主,卵石含量达到30%-65%,地块水文地质情况如图4所示;卵石粒径2-15cm,常规原位固化方法于此此地难以实施,因此选择改进钻头1和叶片2后的钻具进行实施。

[0073] 步骤2、钻具搭配双液注浆泵(KBY-50/70型注浆泵(1台))、双缸灰浆泵(HUB3.5A型双缸灰浆泵2台)进行注浆准备。

[0074] 步骤3、本场地目标污染物为镍、砷,结合场地污染情况及修复要求,浆料选择复合浆液。根据表1浆材配比及注浆参数,掺和料及掺量包括膨润土5%、水玻璃5%,钙基固态固化剂选择硝酸钙与硅酸钠的复配固化剂,添加量分别为0.4%和1.6%。地层注浆量设计如表2,砂卵石层注浆量保持在0.5m³/m。

[0075] 步骤4、钻具、注浆设备及浆料选择完成后开始注浆工作。注浆孔位排布如图5所示;为了验证固化效果,在注浆0d、7d、10d和15d后分别对卵石层固化体进行取芯采样,卵石层取芯样品如图6所示。

[0076] 步骤5、对取芯样品进行测试,测试结果如表3案例参数表所示。其中,砷污染物在固化后7d取芯样品检测中浸出达标,镍污染物在固化后10d取芯样品检测中浸出达标。

[0077] 以上仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

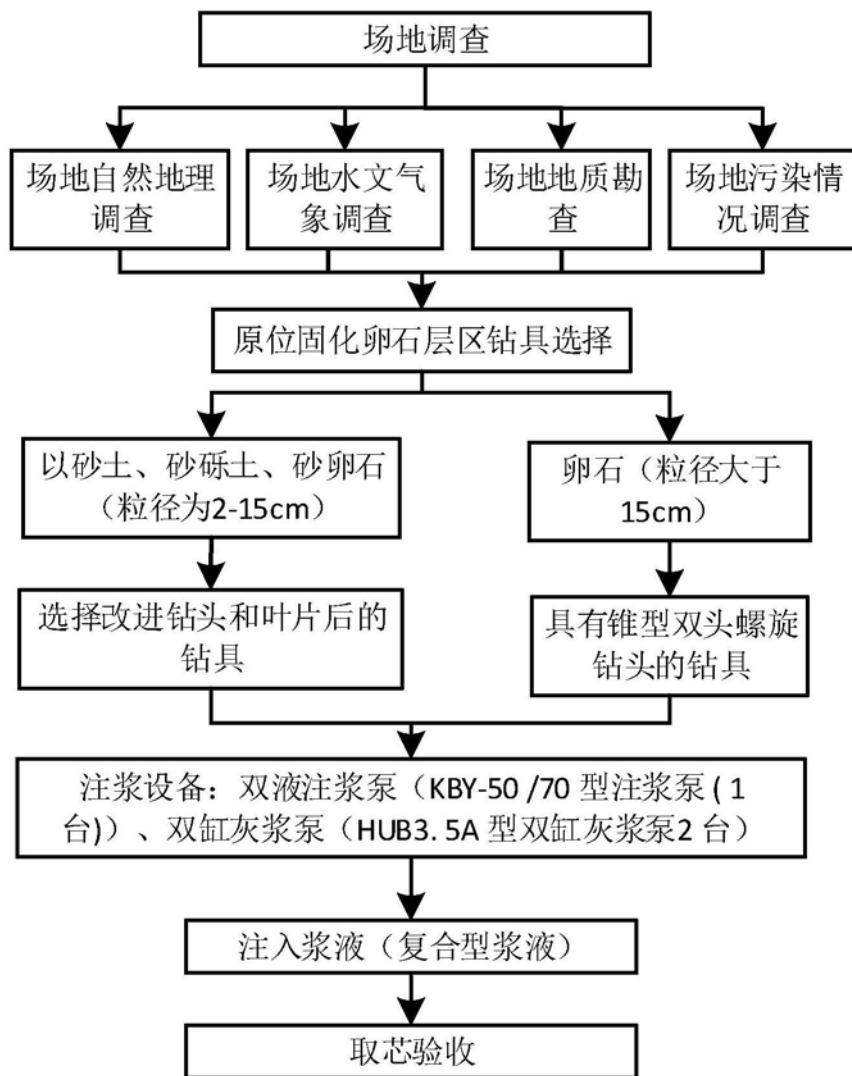


图1

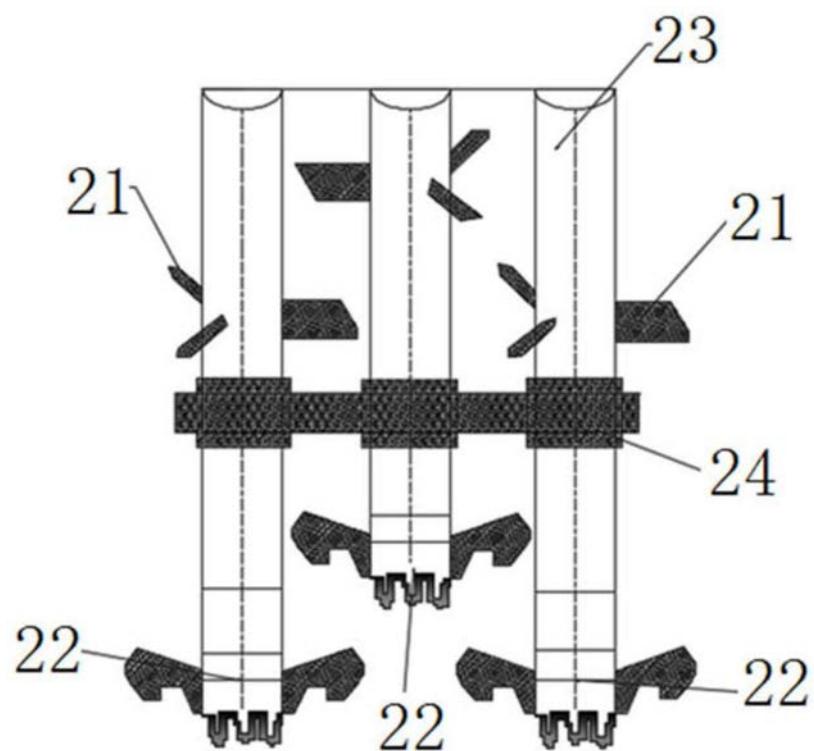


图2

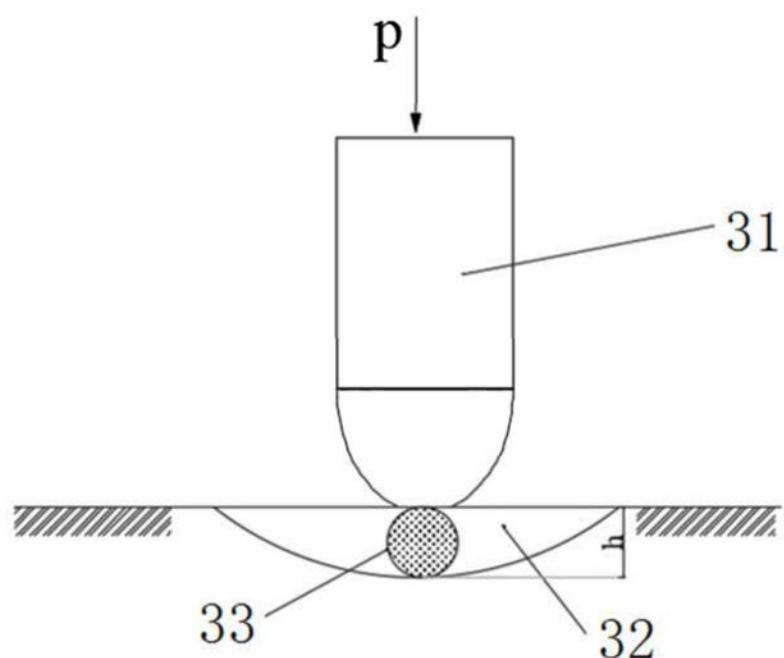


图3

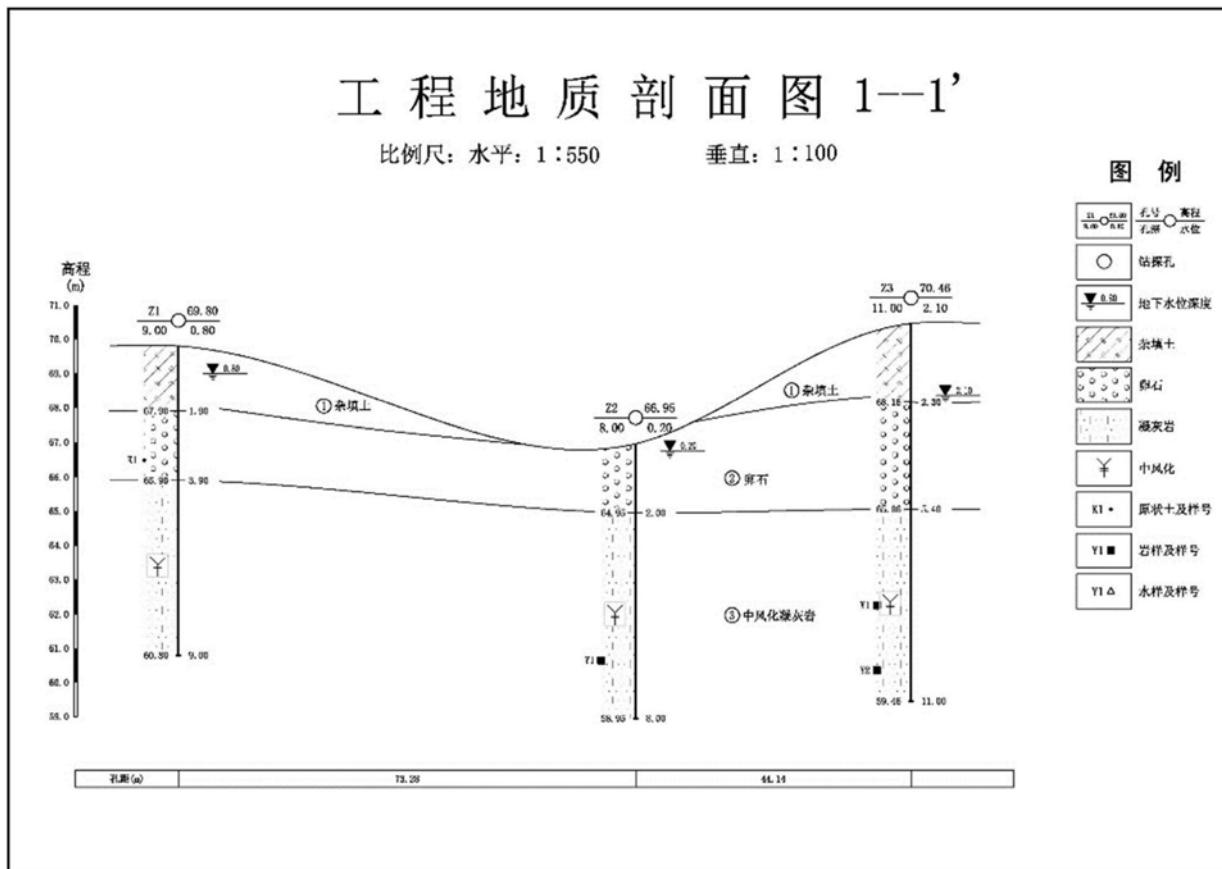


图4

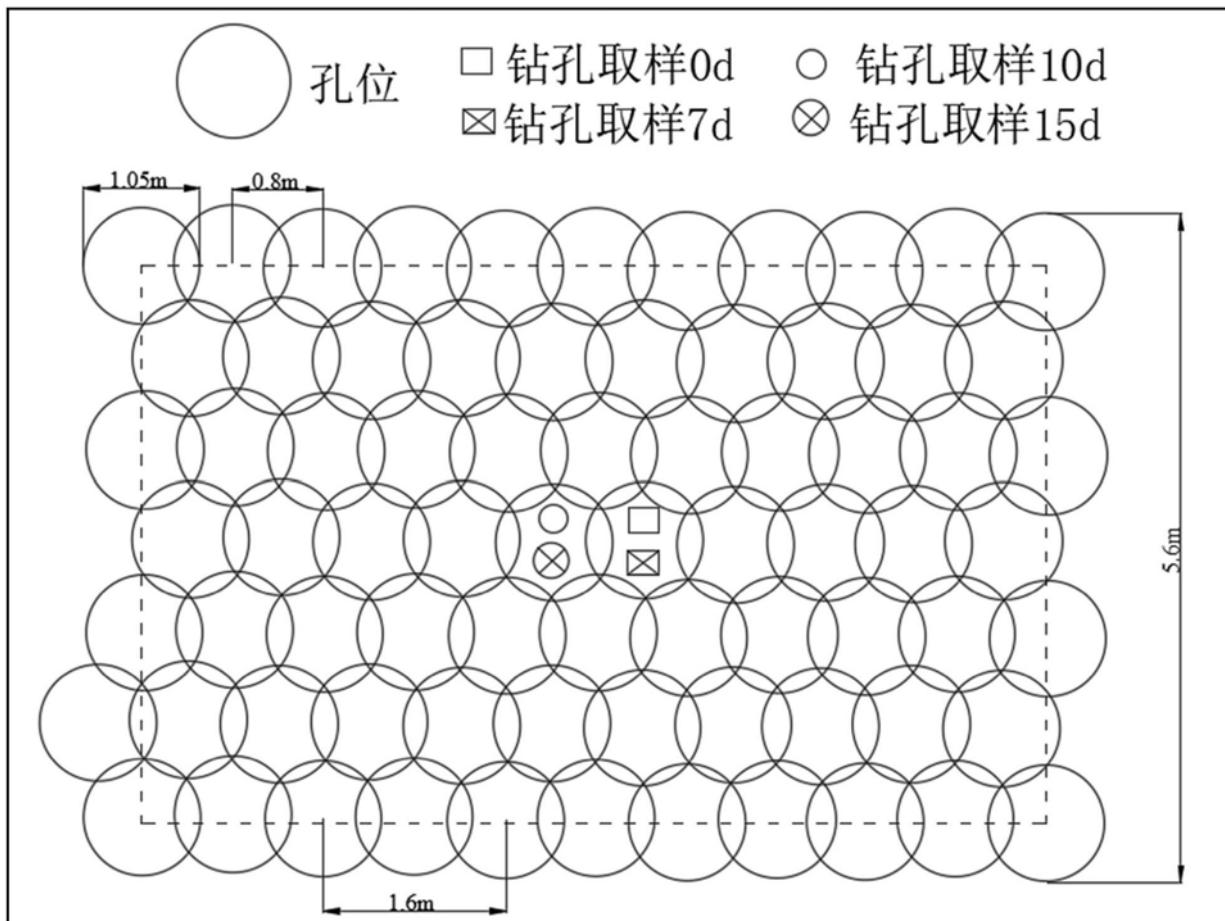


图5

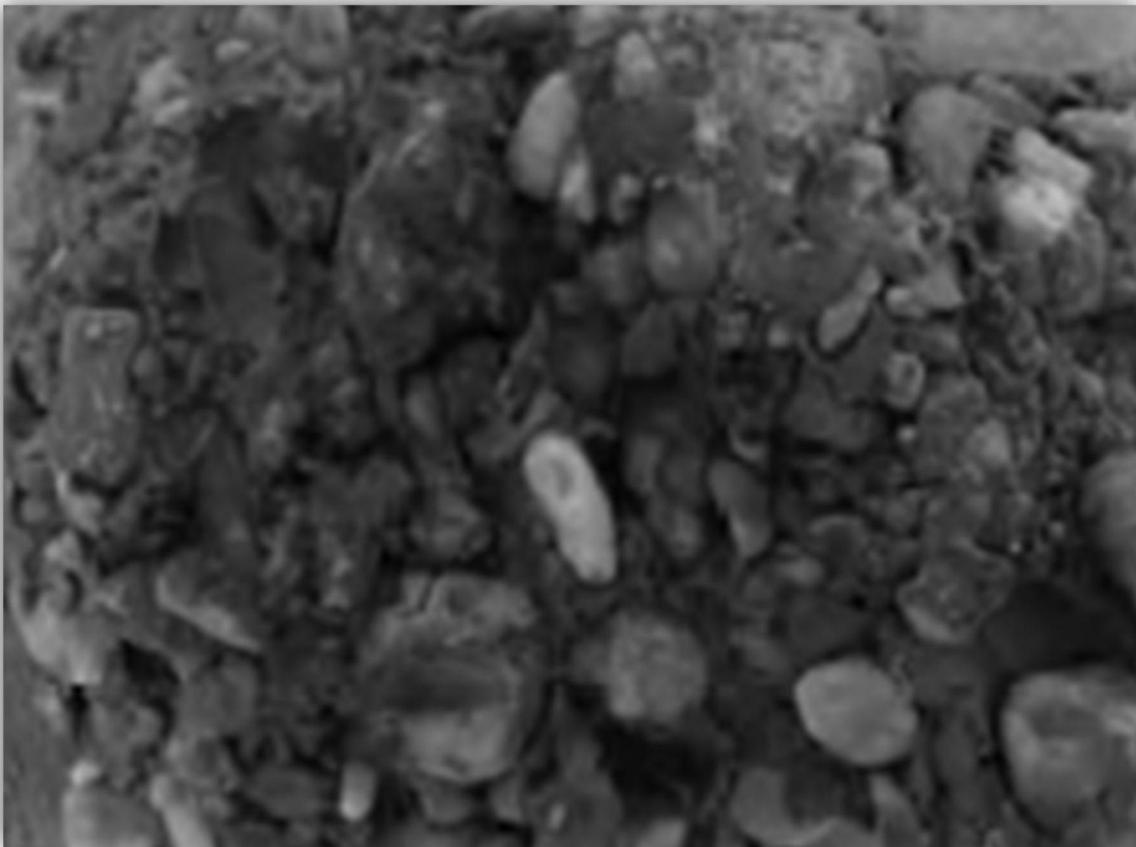


图6