



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109183777 A

(43)申请公布日 2019.01.11

(21)申请号 201811245230.9

(22)申请日 2018.10.24

(71)申请人 中国水利水电第四工程局有限公司
地址 810007 青海省西宁市东川工业园区
金桥路38号

(72)发明人 李贵兴 张生统 吕全义 柳建龙
申东阳 郑茂盛 梁乾 方彩霞
孙未亮

(74)专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理
有限公司 11315
代理人 吴家伟

(51)Int.Cl.
E02D 3/10(2006.01)
E02D 3/046(2006.01)
E02D 1/02(2006.01)

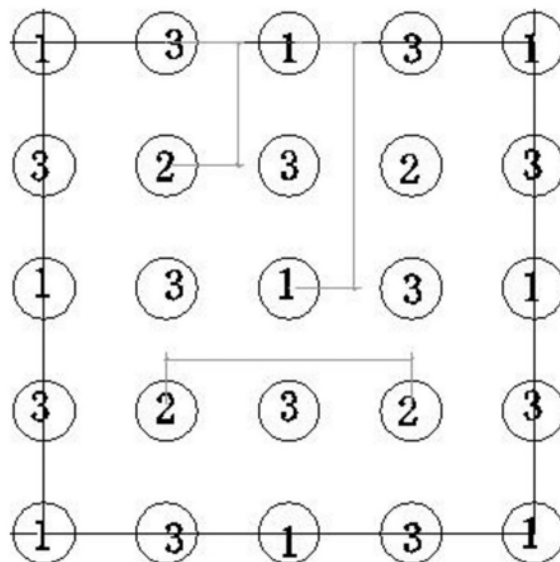
权利要求书4页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

一种调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的
施工方法

(57)摘要

本发明属于地基处理技术领域,公开了一种蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法,采用管道和设备将低压水送到增湿区域,通过毛管将水注入注水孔底部,自下而上直至水平面达到孔口,边渗透边补水,直至完成要求注水量;不同强夯能级试夯、不同布点形式试夯、不同夯击次数及停锤标准试夯、选取代表性夯点对第一、二遍单点夯击试验进行监测,建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线,确定最佳夯击数和 控制标准。本发明注水后土的天然含水率提高明显,含水率的大小决定土体颗粒之间位移的难易程度。5m以内含水率达到11%-12%时,经过强夯土体密实度增加,压实度能达到94%以上,湿陷性消除。



1. 一种调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法,其特征在于,所述调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法包括:

注水增湿:注水增湿注水孔完成后,采用管道和设备将低压水送到增湿区域,通过毛管将水注入注水孔底部,自下而上直至水平面达到孔口,边渗透边补水,直至完成要求注水量;水流由毛管流进注水管,在一定的工作压力下注入土壤,以恒定的低流量在土壤中以非饱和流的形式在向四周渗透;

试夯:不同强夯能级试夯、不同布点形式试夯、不同夯击次数及停锤标准试夯、选取代表性夯点对第一、二遍单点夯击试验进行监测,建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线,确定最佳夯击数和最佳夯击控制标准。

2. 如权利要求1所述的调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法,其特征在于,注水增湿前,需进行:对强夯试验区进行加水增湿,注水面积为强夯面积,孔间距布置采用2m梅花形布置形式;在增湿前对现场地基土的天然含水率进行检测,通过天然含水率与最优含水率的对比,计算出增湿区地基土的注水量,注水量计算公式为:

$$Q = (\omega_{op} - \omega) \times \rho / (1 + \omega) \times h \times A$$

其中,Q—增湿拟夯实土层的计算加水量 m^3 ;

ω_{op} —最优含水量%;

ω —在拟夯实层范围内,天然土的含水量加权平均值%;

ρ —在拟夯实层范围内,天然土的密度加权平均值 g/cm^3 ;

h—拟增湿的土层厚度m。

3. 如权利要求1所述的调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法,其特征在于,试夯具体包括:

不同强夯能级试夯:采用不同能级组合,第一、第二遍主夯能级均为10000kN.m;第三遍插点辅夯能级为5000kN.m;第四遍为满夯施工,夯击能为3000kN.m;

不同布点形式试夯:第一、二遍点夯的夯点形式按10m×10m正方形布置,夯点间距10m;第三遍夯点在第一、二遍点夯之间进行插夯,第四遍要求锤印彼此搭接1/3~1/4;

不同夯击次数及停锤标准试夯:每遍点夯的夯击数暂定第一、二遍不少于10击,第三遍每点10击,第四遍每点2~3击。

4. 如权利要求1所述的调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法,其特征在于,试夯后,还需进行:

强夯后地基进行检测,进行环刀取样及土块取样,检测点为主夯点位置及桩间位置;用人工开挖取样;确立土样含水率、湿陷系数、干密度随深度的变化关系。

5. 一种如权利要求1所述的调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法中试夯监测方法,其特征在于,所述试夯监测方法包括对代表性夯点的第一、二遍单点夯击进行监测,建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线,确定最佳夯击数和最佳夯击控制标准;

具体为:

利用水份检测器检测夯击土样含水率;

利用湿陷系数检测器检测夯击土样垂直渗透系数;

利用密度检测器检测夯击土样干密度数据;

水份检测器检测的数据、湿陷系数检测器检测的数据、密度检测器检测的数据均通过

信号传输给计算机进行显示,同时计算机对密度检测器传输的信号进行处理,得出夯击土样干密度随深度的变化关系。

6.如权利要求5所述的试夯监测方法,其特征在于,水份检测器的数字调制信号x(t)的分数低阶模糊函数表示为:

$$\chi(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} [x(t + \tau/2)]^{<a>} [x^*(t - \tau/2)]^{} e^{-j2\pi ft} dt ;$$

其中,τ为时延偏移,f为多普勒频移,0<a,b<a/2,x*(t)表示x(t)的共轭,当x(t)为实信号时,x(t)^(<p>)=|x(t)|^(<p>)sgn(x(t));当x(t)为复信号时,[x(t)]^(<p>)=|x(t)|^(p-1)x*(t);

湿陷系数检测器检测方法包括:对接收信号s(t)进行非线性变换,按如下公式进行:

$$f[s(t)] = \frac{s(t) * \ln |s(t)|}{|s(t)|} = s(t)c(t) ;$$

其中s(t)=∑_{m=1}^M Aa(m)p(t-mT_b)exp(j2πf_ct+φ(m)),A表示信号的幅度,a(m)表示信号的码元符号,p(t)表示成形函数,f_c表示信号的载波频率,φ(m)表示信号的相位,通过该非线性变换后得到:

$$f[s(t)] = s(t) \frac{\ln |Aa(m)|}{|Aa(m)|} ;$$

构造n个信号的多径空间为:

$$X_{ref} = [X_{ref1} X_{ref2} \dots X_{refn}] ;$$

$$\text{其中, } X_{refi} = \begin{bmatrix} x_{reci}(0) & x_{reci}(Q-1) & \dots & x_{reci}(Q-K) \\ x_{reci}(1) & x_{reci}(0) & \dots & x_{reci}(Q-K+1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{reci}(Q-1) & x_{reci}(Q-2) & \dots & x_{reci}(Q-K-1) \end{bmatrix}, Q \text{ 为采样点数, } K \text{ 为最大时延, 由最大}$$

探测距离R_{max}/c得到,其中x_{reci}(t)为参考信号,R_{max}为最大探测距离,c为光速;

然后利用最小二乘法原理抑制直达波及其多径,将求min||S_{sur}-X_{ref}·α||²转化为求∂(||S_{sur}-X_{ref}·α||²)/∂(α)=0,得出:

$$\alpha_{estim} = (X_{ref}^H X_{ref})^{-1} X_{ref}^H S_{sur}, \text{ 代入 } \alpha_{estim}, \text{ 解得:}$$

$$S_{other} = S_{sur}(t) - X_{ref} \alpha_{estim} = S_{sur} - X_{ref} (X_{ref}^H X_{ref})^{-1} X_{ref}^H S_{sur} ;$$

其中,S_{sur}为回波通道信号,α为自适应权值,α_{estim}为α的估计值,X_{ref}^H为X_{ref}的转置,S_{other}为回波通道中最终所剩的回波和噪声。

7.如权利要求5所述的试夯监测方法,其特征在于,

密度检测器接收信号的信号模型表示为:

$$r(t) = x_1(t) + x_2(t) + \dots + x_n(t) + v(t)$$

$$x_i = \sum_k A_{ki} \cos(2\pi f_{ci}t + \theta_{ki}) \cdot g(t - kT_{si})$$

其中,x_i(t)为时频重叠信号的各个信号分量,各分量信号独立不相关,n为时频重叠信号分量的个数,θ_{ki}表示对各个信号分量载波相位的调制,f_{ci}为载波频率,A_{ki}为第i个信号在

k时刻的幅度, T_{si} 为码元长度;

计算机对密度检测器传输的信号进行处理, 得出夯击土样干密度随深度的变化关系具体包括:

1) 计算机利用含有M个阵元的阵列信号接收单元接收来自多个密度检测器的跳频信号, 对每一路接收信号进行采样, 得到采样后的M路离散时域混合信号 $\tilde{x}_m(k)$ ($k=1, 2, \dots$) $m=1, 2, \dots, M$;

2) 对M路离散时域混合信号进行重叠加窗短时傅里叶变换, 得到M个混合信号的时频域矩阵 $\tilde{X}_1(p, q), \tilde{X}_2(p, q), \dots, \tilde{X}_M(p, q)$, $p=0, 1, \dots, P-1, q=0, 1, \dots, N_{fft}-1$, 其中P表示总的窗

数, N_{fft} 表示FFT变换长度; (p, q) 表示时频索引, 具体的时频值为 $(pCT_s, \frac{2\pi}{N_{fft}} \cdot q \cdot f_s)$, 这里 N_{fft}

表示FFT变换的长度, p表示加窗次数, T_s 表示采样间隔, f_s 表示采样频率, C为整数, 表示短时傅里叶变换加窗间隔的采样点数, $C < N_{fft}$, 且 $K_c = N_{fft}/C$ 为整数, 也就是说采用的是重叠加窗的短时傅里叶变换;

3) 对得到的跳频混合信号时频域矩阵 $\tilde{X}_1(p, q), \tilde{X}_2(p, q), \dots, \tilde{X}_M(p, q)$ 进行预处理; 包括:

第一步, 对 $\tilde{X}_1(p, q), \tilde{X}_2(p, q), \dots, \tilde{X}_M(p, q)$ 进行去低能量预处理, 即在每一采样时刻p, 将 $\tilde{X}_1(p, q), \tilde{X}_2(p, q), \dots, \tilde{X}_M(p, q)$ 幅值小于门限 ε 的值置0, 得到 $\bar{X}_1(p, q), \bar{X}_2(p, q), \dots, \bar{X}_M(p, q)$, 门限 ε 的设定根据接收信号的平均能量来确定;

第二步, 找出p时刻 ($p=0, 1, 2, \dots, P-1$) 非零的时频域数据, 用 $\bar{X}_1(p, \bar{q}_p), \bar{X}_2(p, \bar{q}_p), \dots, \bar{X}_M(p, \bar{q}_p)$ 表示, 其中 \bar{q}_p 表示p时刻时频响应 $\bar{X}_1(p, q), \bar{X}_2(p, q), \dots, \bar{X}_M(p, q)$ 非0时对应的频率索引, 对这些非零数据归一化预处理, 得到预处理后的向量 $b(p, q) = [b_1(p, q), b_2(p, q), \dots, b_M(p, q)]^T$, 其中

$$b_m(p, q) = \begin{cases} \frac{\bar{X}_m(p, q)}{\bar{X}_1(p, q)}, & q = \bar{q}_p \\ 0, & q \neq \bar{q}_p \end{cases}, \quad m = 1, 2, \dots, M$$

4) 对不同夯击土样深度的跳频点之间的时频域跳频源信号进行拼接; 估计第1跳对应的 \hat{N} 个入射深度, 用 $\hat{\theta}_n(l)$ 表示第1跳第n个源信号对应的入射深度, $\hat{\theta}_n(l)$ 的计算公式如下:

$$\hat{\theta}_n(l) = \frac{1}{M-1} \sum_{m=2}^M \sin^{-1} \left[\frac{\text{angle}(\hat{a}_{n,m}(l) / \hat{a}_{n,m-1}(l)) * c}{2\pi \hat{f}_{c,n}(l) d} \right] \quad n = 1, 2, \dots, \hat{N}$$

$\hat{a}_{n,m}(l)$ 表示第1跳估计得到的第n个混合矩阵列向量 $\hat{a}_n(l)$ 的第m个元素, c表示光速, 即 $v_c = 3 \times 10^8$ 米/秒; 判断夯击土样干密度第1 ($l=2, 3, \dots$)跳估计的源信号与夯击土样深度第一跳估计的源信号之间的对应关系, 判断公式如下:

$$m_n^{(l)} = \arg \min_m |\hat{\theta}_m^{(l)} - \hat{\theta}_n^{(1)}|, \quad n = 1, 2, \dots, \hat{N}$$

其中 $m_n^{(l)}$ 表示夯击土样干密度第1跳估计的第 $m_n^{(l)}$ 个信号与夯击土样深度第一跳估计

的第 n 个信号属于同一个源信号;将不同跳频点估计到的属于同一个源信号的信号拼接在一起,作为最终的时频域源信号估计,用 $Y_n(p, q)$ 表示第 n 个源信号在时频点 (p, q) 上的时频域估计值, $p=0, 1, 2, \dots, P, q=0, 1, 2, \dots, N_{\text{fft}}-1$,即:

$$Y_n(p, q) = \begin{cases} S_n(p, q) & \text{当 } p \text{ 属于第 } l \text{ 跳时} \\ S_{m_n^{(l)}}(p, q) & \text{当 } p \text{ 属于第 } l \text{ 跳时} \end{cases} \circ$$

8. 一种实现权利要求5~7任意一项所述试夯监测方法的计算机程序。
9. 一种实现权利要求5~7任意一项所述试夯监测方法的信息数据处理终端。
10. 一种计算机可读存储介质,包括指令,当其在计算机上运行时,使得计算机执行如权利要求5-7任意一项所述的试夯监测方法。

一种调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法

技术领域

[0001] 本发明属于地基处理技术领域,尤其涉及一种调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法。

背景技术

[0002] 目前,业内常用的现有技术是这样的:

[0003] 规范规定:“采用强夯法处理湿陷性黄土地基,土的天然含水量宜低于塑限含水量 $1\% \sim 3\%$ 。在拟秀实的土层内,当土的天然含水量低于 10% 时,宜对其增湿至接近最优含水量;当土的天然含水量大于塑限含水量 3% 以上时,宜采用晾干或其他措施适当降低其含水量”。陕北干旱湿陷黄土区土体比较干燥,含水量很低,一般处于 $3\% \sim 8\%$ 之间,未经扰动的土体干强度一般较高,在现行规范的能级下直接进行强夯的处理效果不佳,影响深度比较小,需要进行注水增湿。

[0004] 经过多次试验研究表明强夯处理湿陷性黄土,含水率至关重要,因此需要注水增湿,而国内对增湿高能级强夯处理湿陷性黄土地基,尤其是均质土坝基础处采用注水增湿及强夯施工的增湿工艺和施工过程的工程实例和试验研究较少。

[0005] 综上所述,现有技术存在的问题是:

[0006] (1) 陕北干旱地区土体直接进行强夯的影响深度较小,提高夯能同样无法处理更深层的湿陷性黄土。

[0007] (2) 现有的增湿高能级强夯处理湿陷性黄土地基,尤其是均质土坝基础处采用注水增湿及强夯施工的增湿工艺和施工过程的工艺尚不完善。

[0008] (3) 现有技术中,试夯监测方法获得的数据准确性差,对建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线,确定最佳夯击数和标准控制标准缺乏依据。

[0009] 解决上述技术问题的意义:

[0010] 难度:陕北干旱地区土体含水量较低,一般在 $3\% \sim 8\%$ 之间,按照规范要求直接进行强夯试验影响深度较小,并且高能级强夯也无法达到,提高夯能并不能够处理更深层的湿陷性黄土。

[0011] 通过对注水+ $10000\text{KN}\cdot\text{M}$ 强夯施工试验与分析比分析和研究,得出在陕北干旱地区湿陷性黄土区经过增湿后进行 $1000\text{kN}\cdot\text{m}$ 高能级强夯处理效果,确定合适的夯击能、夯点间距、夯击次数、夯击遍数、停锤标准等参数,为后期施工及其他工程应用提供借鉴。

发明内容

[0012] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法,

[0013] 本发明是这样实现的,一种调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法,所述调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法包括:

[0014] 注水增湿:注水增湿注水孔完成后,采用管道和设备将低压水送到增湿区域,通过

毛管将水注入注水孔底部,自下而上直至水平面达到孔口,边渗透边补水,直至完成要求注水量;水流由毛管流进注水管,在一定的工作压力下注入土壤,以恒定的低流量在土壤中以非饱和流的形式在向四周渗透;

[0015] 试夯:不同强夯能级试夯、不同布点形式试夯、不同夯击次数及停锤标准试夯、选取代表性夯点对第一、二遍单点夯击试验进行监测,建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线,确定最佳夯击数和标准。

[0016] 进一步,注水增湿前,需进行:对强夯试验区进行加水增湿,注水面积为强夯面积,孔间距布置采用2m梅花形布置形式;在增湿前对现场地基土的天然含水率进行检测,通过天然含水率与最优含水率的对比,计算出增湿区地基土的注水量,注水量计算公式为:

$$[0017] \quad Q = (\omega_{op} - \omega) \times \rho / (1 + \omega) \times h \times A$$

[0018] 其中,Q—增湿拟夯实土层的计算加水量 m^3 ;

[0019] ω_{op} —最优含水量%;

[0020] ω —在拟夯实层范围内,天然土的含水量加权平均值%;

[0021] ρ —在拟夯实层范围内,天然土的密度加权平均值 g/cm^3 ;

[0022] h—拟增湿的土层厚度m。

[0023] 进一步,试夯具体包括:

[0024] 不同强夯能级试夯:采用不同能级组合,第一、第二遍主夯能级均为10000kN.m;第三遍插点辅夯能级为5000kN.m;第四遍为满夯施工,夯击能为3000kN.m;

[0025] 不同布点形式试夯:第一、二遍点夯的夯点形式按10m×10m正方形布置,夯点间距10m;第三遍夯点在第一、二遍点夯之间进行插夯,第四遍要求锤印彼此搭接1/3~1/4;

[0026] 不同夯击次数及停锤标准试夯:每遍点夯的夯击数暂定第一、二遍不少于10击,第三遍每点10击,第四遍每点2~3击。

[0027] 进一步,试夯后,还需进行:

[0028] 强夯后地基进行检测,进行环刀取样及土块取样,检测点为主夯点位置及桩间位置;用人工开挖取样;确立土样含水率、湿陷系数、干密度随深度的变化关系。

[0029] 本发明的另一目的在于提供一种所述的调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法中试夯监测方法,所述试夯监测方法包括对代表性夯点的第一、二遍单点夯击进行监测,建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线,确定最佳夯击数和标准;

[0030] 具体为:

[0031] 利用水份检测器检测夯击土样含水率;

[0032] 利用湿陷系数检测器检测夯击土样垂直渗透系数;

[0033] 利用密度检测器检测夯击土样干密度数据;

[0034] 水份检测器检测的数据、湿陷系数检测器检测的数据、密度检测器检测的数据均通过信号传输给计算机进行显示,同时计算机对密度检测器传输的信号进行处理,得出夯击土样干密度随深度的变化关系。

[0035] 进一步,水份检测器的数字调制信号 $x(t)$ 的分数低阶模糊函数表示为:

$$[0036] \quad \chi(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} [x(t + \tau/2)]^{<a>} [x^*(t - \tau/2)]^{} e^{-j2\pi ft} dt;$$

[0037] 其中, τ 为时延偏移, f 为多普勒频移, $0 < a, b < a/2$, $x^*(t)$ 表示 $x(t)$ 的共轭,当 $x(t)$

为实信号时, $x(t) \langle p \rangle = |x(t)| \langle p \rangle \text{sgn}(x(t))$; 当 $x(t)$ 为复信号时, $[x(t)] \langle p \rangle = |x(t)| \langle p-1 \rangle x^*(t)$;

[0038] 湿陷系数检测器检测方法包括:对接收信号 $s(t)$ 进行非线性变换,按如下公式进行:

$$[0039] \quad f[s(t)] = \frac{s(t) * \ln|s(t)|}{|s(t)|} = s(t)c(t);$$

[0040] 其中 $s(t) = \sum_{m=1}^M Aa(m)p(t-mT_b)\exp(j2\pi f_c t + \varphi(m))$, A 表示信号的幅度, $a(m)$ 表示信号的码元符号, $p(t)$ 表示成形函数, f_c 表示信号的载波频率, $\varphi(m)$ 表示信号的相位,通过该非线性变换后得到:

$$[0041] \quad f[s(t)] = s(t) \frac{\ln|Aa(m)|}{|Aa(m)|};$$

[0042] 构造 n 个信号的多径空间为:

$$[0043] \quad X_{ref} = [X_{ref1} \quad X_{ref2} \quad \dots \quad X_{refn}];$$

$$[0044] \quad \text{其中, } X_{refi} = \begin{bmatrix} x_{reci}(0) & x_{reci}(Q-1) & \dots & x_{reci}(Q-K) \\ x_{reci}(1) & x_{reci}(0) & \dots & x_{reci}(Q-K+1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{reci}(Q-1) & x_{reci}(Q-2) & \dots & x_{reci}(Q-K-1) \end{bmatrix}, Q \text{ 为采样点数, } K \text{ 为最大时延,}$$

由最大探测距离 R_{max}/c 得到,其中 $x_{reci}(t)$ 为参考信号, R_{max} 为最大探测距离, c 为光速;

[0045] 然后利用最小二乘法原理抑制直达波及其多径,将求 $\min ||S_{sur} - X_{ref} \cdot \alpha||^2$ 转化为求 $\frac{\partial (||S_{sur} - X_{ref} \cdot \alpha||^2)}{\partial (\alpha)} = 0$, 得出:

$$[0046] \quad \alpha_{estim} = (X_{ref}^H X_{ref})^{-1} X_{ref}^H S_{sur}, \text{ 代入 } \alpha_{estim}, \text{ 解得:}$$

$$[0047] \quad S_{other} = s_{sur}(t) - X_{ref} \alpha_{estim} = S_{sur} - X_{ref} (X_{ref}^H X_{ref})^{-1} X_{ref}^H S_{sur};$$

[0048] 其中, S_{sur} 为回波通道信号, α 为自适应权值, α_{estim} 为 α 的估计值, X_{ref}^H 为 X_{ref} 的转置, S_{other} 为回波通道中最终所剩的回波和噪声。

[0049] 进一步,密度检测器接收信号的信号模型表示为:

$$[0050] \quad r(t) = x_1(t) + x_2(t) + \dots + x_n(t) + v(t)$$

$$[0051] \quad x_i = \sum_k A_{ki} \cos(2\pi f_{ci} t + \theta_{ki}) \cdot g(t - kT_{si})$$

[0052] 其中, $x_i(t)$ 为时频重叠信号的各个信号分量,各分量信号独立不相关, n 为时频重叠信号分量的个数, θ_{ki} 表示对各个信号分量载波相位的调制, f_{ci} 为载波频率, A_{ki} 为第 i 个信号在 k 时刻的幅度, T_{si} 为码元长度;

[0053] 计算机对密度检测器传输的信号进行处理,得出夯击土样干密度随深度的变化关系具体包括:

[0054] 1) 计算机利用含有 M 个阵元的阵列信号接收单元接收来自多个密度检测器的跳频

信号,对每一路接收信号进行采样,得到采样后的M路离散时域混合信号 $\tilde{x}_m(k)$ ($k=1,2,\dots$) $m=1,2,\dots,M$;

[0055] 2)对M路离散时域混合信号进行重叠加窗短时傅里叶变换,得到M个混合信号的时频域矩阵 $\tilde{X}_1(p,q),\tilde{X}_2(p,q),\dots,\tilde{X}_M(p,q)$, $p=0,1,\dots,P-1,q=0,1,\dots,N_{fft}-1$,其中P表示总的窗数, N_{fft} 表示FFT变换长度; (p,q) 表示时频索引,具体的时频值为 $(pCT_s, \frac{2\pi}{N_{fft}} \cdot q \cdot f_s)$,这里

N_{fft} 表示FFT变换的长度, p 表示加窗次数, T_s 表示采样间隔, f_s 表示采样频率, C 为整数,表示短时傅里叶变换加窗间隔的采样点数, $C < N_{fft}$,且 $K_c = N_{fft}/C$ 为整数,也就是说采用的是重叠加窗的短时傅里叶变换;

[0056] 3)对得到的跳频混合信号时频域矩阵 $\tilde{X}_1(p,q),\tilde{X}_2(p,q),\dots,\tilde{X}_M(p,q)$ 进行预处理;包括:

[0057] 第一步,对 $\tilde{X}_1(p,q),\tilde{X}_2(p,q),\dots,\tilde{X}_M(p,q)$ 进行去低能量预处理,即在每一采样时刻 p ,将 $\tilde{X}_1(p,q),\tilde{X}_2(p,q),\dots,\tilde{X}_M(p,q)$ 幅值小于门限 ε 的值置0,得到 $\bar{\tilde{X}}_1(p,q),\bar{\tilde{X}}_2(p,q),\dots,\bar{\tilde{X}}_M(p,q)$,门限 ε 的设定根据接收信号的平均能量来确定;

[0058] 第二步,找出 p 时刻($p=0,1,2,\dots,P-1$)非零的时频域数据,用 $\bar{\tilde{X}}_1(p,\bar{q}_p),\bar{\tilde{X}}_2(p,\bar{q}_p),\dots,\bar{\tilde{X}}_M(p,\bar{q}_p)$ 表示,其中 \bar{q}_p 表示 p 时刻时频响应

$\bar{\tilde{X}}_1(p,q),\bar{\tilde{X}}_2(p,q),\dots,\bar{\tilde{X}}_M(p,q)$ 非0时对应的频率索引,对这些非零数据归一化预处理,得到预处理后的向量 $b(p,q)=[b_1(p,q),b_2(p,q),\dots,b_M(p,q)]^T$,其中

$$[0059] \quad b_m(p,q) = \begin{cases} \frac{\bar{\tilde{X}}_m(p,q)}{\bar{\tilde{X}}_1(p,q)} & , q = \bar{q}_p \\ 0 & , q \neq \bar{q}_p \end{cases} ; \quad m=1,2,\dots,M$$

[0060] 4)对不同夯击土样深度的跳频点之间的时频域跳频源信号进行拼接;估计第1跳对应的 \hat{N} 个入射深度,用 $\hat{\theta}_n(l)$ 表示第1跳第 n 个源信号对应的入射深度, $\hat{\theta}_n(l)$ 的计算公式如下:

$$[0061] \quad \hat{\theta}_n(l) = \frac{1}{M-1} \sum_{m=2}^M \sin^{-1} \left[\frac{\text{angle}(\hat{a}_{n,m}(l) / \hat{a}_{n,m-1}(l))^* c}{2\pi \hat{f}_{c,n}(l) d} \right] \quad n=1,2,\dots,\hat{N}$$

[0062] $\hat{a}_{n,m}(l)$ 表示第1跳估计得到的第 n 个混合矩阵列向量 $\hat{a}_n(l)$ 的第 m 个元素, c 表示光速,即 $v_c=3 \times 10^8$ 米/秒;判断夯击土样干密度第1($1=2,3,\dots$)跳估计的源信号与夯击土样深度第一跳估计的源信号之间的对应关系,判断公式如下:

$$[0063] \quad m_n^{(l)} = \arg \min_m |\hat{\theta}_m^{(l)} - \hat{\theta}_n^{(l)}|, \quad n=1,2,\dots,\hat{N}$$

[0064] 其中 $m_n^{(l)}$ 表示夯击土样干密度第1跳估计的第 $m_n^{(l)}$ 个信号与夯击土样深度第一跳估计的第 n 个信号属于同一个源信号;将不同跳频点估计到的属于同一个源信号的信号拼接在一起,作为最终的时频域源信号估计,用 $Y_n(p,q)$ 表示第 n 个源信号在时频点 (p,q) 上的

时频域估计值, $p=0,1,2,\dots,P, q=0,1,2,\dots,N_{fft}-1$, 即:

$$[0065] \quad Y_n(p, q) = \begin{cases} S_n(p, q) & \text{当 } p \text{ 属于第 } l \text{ 跳时} \\ S_{m_n^{(l)}}(p, q) & \text{当 } p \text{ 属于第 } l \text{ 跳时} \end{cases} \circ$$

[0066] 本发明的另一目的在于提供一种实现所述试夯监测方法的计算机程序。

[0067] 本发明的另一目的在于提供一种实现所述试夯监测方法的信息数据处理终端。

[0068] 本发明的另一目的在于提供一种计算机可读存储介质, 包括指令, 当其在计算机上运行时, 使得计算机执行所述的试夯监测方法。

[0069] 本发明的积极效果为:

[0070] 对湿陷性黄土地区注水增湿高夯能试验过程及试验结果进行分析, 为后期类似工程提供借鉴。

[0071] 通过对试验结果的对注水+10000KN.M强夯施工试验与分析比分析, 得出在陕北干旱地区湿陷性黄土区经过增湿后进行1000kN·m高能级强夯处理效果, 确定合适的夯击能、夯点间距、夯击次数、夯击遍数、停锤标准等参数, 为后期施工及其他工程应用提供借鉴。

[0072] 本发明通过对注水+10000KN.M强夯, 夯点间距10m×10m, 试验过程全程监控、并对各项参数进行分析, 如下:

[0073] 注水后土的天然含水率提高明显, 含水率的大小决定土体颗粒之间位移的难易程度。5m以内含水率达到11%-12%时, 经过强夯土体密实度增加, 压实度能达到94%以上, 湿陷性消除。

[0074] 注水+10000KN.M强夯后, 上部5m范围内检测点土体干密度大部分得到提高, 均大于1.6g/cm³, 挤密效果较好, 孔隙比减小, 湿陷性消除。6m-8m范围内干密度变化较小, 但湿陷性消除。

[0075] 本发明的试夯监测方法中, 利用水份检测器检测夯击土样含水率; 利用湿陷系数检测器检测夯击土样垂直渗透系数; 利用密度检测器检测夯击土样干密度数据; 水份检测器检测的数据、湿陷系数检测器检测的数据、密度检测器检测的数据均通过信号传输给计算机进行显示, 同时计算机对密度检测器传输的信号进行处理, 得出夯击土样干密度随深度的变化关系。解决了现有技术中, 试夯监测方法获得的数据准确性差, 对建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线, 确定最佳夯击数和标准缺乏依据的问题。为合理的施工提供依据。

附图说明

[0076] 图1是本发明实施例提供的注水孔布置图。

[0077] 图2是本发明实施例提供的夯点布置图。

[0078] 图中: 符号1表示第一遍强夯; 符号2表示第二遍强夯; 符号3表示第三遍强夯。

[0079] 图3是本发明实施例提供的每击夯沉量及累计夯沉量曲线图。

[0080] 图4是本发明实施例提供的湿陷系数随深度变化图

[0081] 图5是本发明实施例提供的含水率变化图。

具体实施方式

[0082] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0083] 陕北干旱地区土体直接进行强夯的影响深度较小,提高夯能同样无法处理更深层的湿陷性黄土。

[0084] 现有的增湿高能级强夯处理湿陷性黄土地基,尤其是均质土坝基础处采用注水增湿及强夯施工的增湿工艺和施工过程的工艺尚不完善。

[0085] 下面结合具体实施例对本发明作进一步描述。

[0086] 本发明实施例提供的调蓄水池坝基注水用梅花形布设注水孔的施工方法,分为四个部分:注水增湿、试夯、试夯前后场地标高对比、试夯效果检测。

[0087] 注水增湿的步骤如下:

[0088] (1) 确定注水增湿施工工艺;

[0089] (2) 注水增湿:注水增湿注水孔完成后,采用管道和设备将低压水送到增湿区域后,通过毛管将水注入注水孔底部,自下而上直至水平面达到孔口,边渗透边补水,直至完成设计要求注水量;水流由毛管流进注水管,在一定的工作压力下注入土壤,以一个恒定的低流量在土壤中以非饱和流的形式在向四周渗透;

[0090] (3) 含水率检测:在试验区注水完成后,随机在距离注水孔0.5m,1.0m处进行取样测定含水情况。

[0091] 进一步,确定注水增湿施工工艺需对强夯试验区进行加水增湿,注水面积为强夯面积,孔间距布置采用2m梅花形布置形式;在增湿前对现场地基土的天然含水率进行检测,通过天然含水率与最优含水率的对比,计算出增湿区地基土的注水量的多少,注水量计算公式为:

$$[0092] \quad Q = (\omega_{op} - \omega) \times \rho / (1 + \omega) \times h \times A$$

[0093] 其中,Q—增湿拟夯实土层的计算加水量(m³);

[0094] ω_{op} —最优含水量(%);

[0095] ω —在拟夯实层范围内,天然土的含水量加权平均值(%);

[0096] ρ —在拟夯实层范围内,天然土的密度加权平均值(g/cm³);

[0097] h—拟增湿的土层厚度(m);

[0098] 试夯的步骤如下:

[0099] 不同强夯能级试夯:采用不同能级组合,第一、第二遍主夯能级均为10000kN.m,夯锤重量66.22吨,落距15.41米;第三遍插点辅夯能级为5000kN.m,夯锤重量38.08吨,落距13.40米;第四遍为满夯施工,夯击能为3000kN.m,夯锤重量38.08吨,落距8.04米;

[0100] 不同布点形式试夯:第一、二遍点夯的夯点形式按10m×10m正方形布置,夯点间距10m;第三遍夯点在第一、二遍点夯之间进行插夯,第四遍要求锤印彼此搭接1/3~1/4;

[0101] 不同夯击次数及停锤标准试夯:每遍点夯的夯击数暂定第一、二遍不少于10击,第三遍每点10击,第四遍每点2~3击。并应同时满足下列条件:

[0102] ①最后两击的平均夯沉量≤100mm;

[0103] ②夯坑周围地面不应发生过大的隆起;

[0104] ③不因夯坑过深而发生提锤困难,如遇此情况可边夯边填。

[0105] 选取代表性夯点对第一、二遍单点夯击试验进行监测,建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线模型,确定最佳夯击击数和控制标准。

[0106] 试夯效果检测对强夯后地基进行检测,进行环刀取样及土块取样,检测点为主夯点位置及桩间位置;为防止对土样产生扰动,采用人工开挖取样;确立土样含水率、湿陷系数、干密度随深度的变化关系。

[0107] 本发明实施例提供的试夯监测方法包括对代表性夯点的第一、二遍单点夯击进行监测,建立每击夯沉量及累计夯沉量曲线,确定最佳夯击击数和控制标准;

[0108] 具体为:

[0109] 利用水份检测器检测夯击土样含水率;

[0110] 利用湿陷系数检测器检测夯击土样垂直渗透系数;

[0111] 利用密度检测器检测夯击土样干密度数据;

[0112] 水份检测器检测的数据、湿陷系数检测器检测的数据、密度检测器检测的数据均通过信号传输给计算机进行显示,同时计算机对密度检测器传输的信号进行处理,得出夯击土样干密度随深度的变化关系。

[0113] 水份检测器的数字调制信号 $x(t)$ 的分数低阶模糊函数表示为:

$$[0114] \quad \chi(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} [x(t + \tau/2)]^{<a>} [x^*(t - \tau/2)]^{} e^{-j2\pi ft} dt;$$

[0115] 其中, τ 为时延偏移, f 为多普勒频移, $0 < a, b < a/2$, $x^*(t)$ 表示 $x(t)$ 的共轭,当 $x(t)$ 为实信号时, $x(t)^{<p>} = |x(t)|^{<p>} \text{sgn}(x(t))$;当 $x(t)$ 为复信号时, $[x(t)]^{<p>} = |x(t)|^{p-1} x^*(t)$;

[0116] 湿陷系数检测器检测方法包括:对接收信号 $s(t)$ 进行非线性变换,按如下公式进行:

$$[0117] \quad f[s(t)] = \frac{s(t) * \ln|s(t)|}{|s(t)|} = s(t)c(t);$$

[0118] 其中 $s(t) = \sum_{m=1}^M Aa(m)p(t - mT_b) \exp(j2\pi f_c t + \varphi(m))$, A 表示信号的幅度, $a(m)$ 表示信号的码元符号, $p(t)$ 表示成形函数, f_c 表示信号的载波频率, $\varphi(m)$ 表示信号的相位,通过该

非线性变换后得到:

$$[0119] \quad f[s(t)] = s(t) \frac{\ln|Aa(m)|}{|Aa(m)|};$$

[0120] 构造 n 个信号的多径空间为:

$$[0121] \quad X_{ref} = [X_{ref1} \quad X_{ref2} \quad \dots \quad X_{refn}];$$

$$[0122] \quad \text{其中, } X_{refi} = \begin{bmatrix} x_{reci}(0) & x_{reci}(Q-1) & \dots & x_{reci}(Q-K) \\ x_{reci}(1) & x_{reci}(0) & \dots & x_{reci}(Q-K+1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{reci}(Q-1) & x_{reci}(Q-2) & \dots & x_{reci}(Q-K-1) \end{bmatrix}, Q \text{ 为采样点数, } K \text{ 为最大时延,}$$

由最大探测距离 R_{\max}/c 得到,其中 $x_{\text{reci}}(t)$ 为参考信号, R_{\max} 为最大探测距离, c 为光速;

[0123] 然后利用最小二乘法原理抑制直达波及其多径,将求 $\min ||S_{\text{sur}} - X_{\text{ref}} \cdot \alpha ||^2$ 转化为

求 $\frac{\partial (||S_{\text{sur}} - X_{\text{ref}} \cdot \alpha ||^2)}{\partial (\alpha)} = 0$, 得出:

[0124] $\alpha_{\text{estim}} = (X_{\text{ref}}^H X_{\text{ref}})^{-1} X_{\text{ref}} S_{\text{sur}}$, 代入 α_{estim} , 解得:

[0125] $S_{\text{other}} = s_{\text{sur}}(t) - X_{\text{ref}} \alpha_{\text{estim}} = S_{\text{sur}} - X_{\text{ref}} (X_{\text{ref}}^H X_{\text{ref}})^{-1} X_{\text{ref}} S_{\text{sur}}$;

[0126] 其中, S_{sur} 为回波通道信号, α 为自适应权值, α_{estim} 为 α 的估计值, X_{ref}^H 为 X_{ref} 的转置, S_{other} 为回波通道中最终所剩的回波和噪声。

[0127] 密度检测器接收信号的信号模型表示为:

[0128] $r(t) = x_1(t) + x_2(t) + \dots + x_n(t) + v(t)$

[0129] $x_i = \sum_k A_{ki} \cos(2\pi f_{ci} t + \theta_{ki}) \cdot g(t - kT_{si})$

[0130] 其中, $x_i(t)$ 为时频重叠信号的各个信号分量,各分量信号独立不相关, n 为时频重叠信号分量的个数, θ_{ki} 表示对各个信号分量载波相位的调制, f_{ci} 为载波频率, A_{ki} 为第 i 个信号在 k 时刻的幅度, T_{si} 为码元长度;

[0131] 计算机对密度检测器传输的信号进行处理,得出夯击土样干密度随深度的变化关系具体包括:

[0132] 1) 计算机利用含有 M 个阵元的阵列信号接收单元接收来自多个密度检测器的跳频信号,对每一路接收信号进行采样,得到采样后的 M 路离散时域混合信号 $\tilde{x}_m(k) (k=1,2,\dots) \quad m=1,2,\dots,M$;

[0133] 2) 对 M 路离散时域混合信号进行重叠加窗短时傅里叶变换,得到 M 个混合信号的时频域矩阵 $\tilde{X}_1(p,q), \tilde{X}_2(p,q), \dots, \tilde{X}_M(p,q)$, $p=0,1,\dots,P-1, q=0,1,\dots,N_{\text{fft}}-1$,其中 P 表示总的

窗数, N_{fft} 表示FFT变换长度; (p,q) 表示时频索引,具体的时频值为 $(pCT_s, \frac{2\pi}{N_{\text{fft}}} \cdot q \cdot f_s)$,这里

N_{fft} 表示FFT变换的长度, p 表示加窗次数, T_s 表示采样间隔, f_s 表示采样频率, C 为整数,表示短时傅里叶变换加窗间隔的采样点数, $C < N_{\text{fft}}$,且 $K_c = N_{\text{fft}}/C$ 为整数,也就是说采用的是重叠加窗的短时傅里叶变换;

[0134] 3) 对得到的跳频混合信号时频域矩阵 $\tilde{X}_1(p,q), \tilde{X}_2(p,q), \dots, \tilde{X}_M(p,q)$ 进行预处理;包括:

[0135] 第一步,对 $\tilde{X}_1(p,q), \tilde{X}_2(p,q), \dots, \tilde{X}_M(p,q)$ 进行去低能量预处理,即在每一采样时刻 p ,将 $\tilde{X}_1(p,q), \tilde{X}_2(p,q), \dots, \tilde{X}_M(p,q)$ 幅值小于门限 ε 的值置0,得到 $\bar{X}_1(p,q), \bar{X}_2(p,q), \dots, \bar{X}_M(p,q)$,门限 ε 的设定根据接收信号的平均能量来确定;

[0136] 第二步,找出 p 时刻($p=0,1,2,\dots,P-1$)非零的时频域数据,用 $\bar{X}_1(p,\bar{q}_p), \bar{X}_2(p,\bar{q}_p), \dots, \bar{X}_M(p,\bar{q}_p)$ 表示,其中 \bar{q}_p 表示 p 时刻时频响应 $\bar{X}_1(p,q), \bar{X}_2(p,q), \dots, \bar{X}_M(p,q)$ 非0时对应的频率索引,对这些非零数据归一化预处理,得到预处理后的向量 $b(p,q) = [b_1(p,q), b_2(p,q), \dots, b_M(p,q)]^T$,其中

$$[0137] \quad b_m(p, q) = \begin{cases} \tilde{X}_m(p, q) & , q = \bar{q}_p \\ \tilde{X}_1(p, q) & , m = 1, 2, \dots, M \\ 0 & , q \neq \bar{q}_p \end{cases} ;$$

[0138] 4) 对不同夯击土样深度的跳频点之间的时频域跳频源信号进行拼接;估计第1跳对应的 \hat{N} 个入射深度,用 $\hat{\theta}_n(l)$ 表示第1跳第n个源信号对应的入射深度, $\hat{\theta}_n(l)$ 的计算公式如下:

$$[0139] \quad \hat{\theta}_n(l) = \frac{1}{M-1} \sum_{m=2}^M \sin^{-1} \left[\frac{\text{angle}(\hat{a}_{n,m}(l) / \hat{a}_{n,m-1}(l)) * c}{2\pi \hat{f}_{c,n}(l)d} \right] \quad n = 1, 2, \dots, \hat{N}$$

[0140] $\hat{a}_{n,m}(l)$ 表示第1跳估计得到的第n个混合矩阵列向量 $\hat{a}_n(l)$ 的第m个元素,c表示光速,即 $v_c = 3 \times 10^8$ 米/秒;判断夯击土样干密度第1 ($l = 2, 3, \dots$)跳估计的源信号与夯击土样深度第一跳估计的源信号之间的对应关系,判断公式如下:

$$[0141] \quad m_n^{(l)} = \arg \min_m |\hat{\theta}_m^{(l)} - \hat{\theta}_n^{(1)}|, \quad n = 1, 2, \dots, \hat{N};$$

[0142] 其中 $m_n^{(1)}$ 表示夯击土样干密度第1跳估计的第 $m_n^{(1)}$ 个信号与夯击土样深度第一跳估计的第n个信号属于同一个源信号;将不同跳频点估计到的属于同一个源信号的信号拼接在一起,作为最终的时频域源信号估计,用 $Y_n(p, q)$ 表示第n个源信号在时频点(p, q)上的时频域估计值, $p = 0, 1, 2, \dots, P, q = 0, 1, 2, \dots, N_{\text{fft}} - 1$,即:

$$[0143] \quad Y_n(p, q) = \begin{cases} S_n(p, q) & \text{当} p \text{属于第} l \text{跳时} \\ S_{m_n^{(l)}}(p, q) & \text{当} p \text{属于第} l \text{跳时} \end{cases} \circ$$

[0144] 下面结合具体分析对本发明作进一步描述。

[0145] 1、地质概况

[0146] 地基土层为黄土和砂壤土,在调蓄池左坝肩为黄土,平均干密度 $\rho_d = 1.33 \text{g/cm}^3$,压缩系数 $a_{1 \sim 2} = 0.85 \text{Mpa}^{-1}$,属高压压缩土,饱和快剪 $C = 8 \text{kpa}$, $\Phi = 17^\circ$,垂直渗透系数 $KV = 4.58 \times 10^{-5} \text{cm/s}$,为弱透水性,承载力特征值 $f_{ak} = 120 \text{kpa}$;堤基为砂壤土,平均干密度 $\rho_d = 1.36 \text{g/cm}^3$,压缩系数 $a_{1 \sim 2} = 0.67 \text{Mpa}^{-1}$,属高压压缩土,饱和快剪 $C = 16.0 \text{kpa}$, $\Phi = 14.0^\circ$,承载力特征值 $f_{ak} = 140 \text{kpa}$;坝基清表1米深度后采用强夯法消除坝基8米深度范围内湿陷性,处理后坝基土湿陷性系数应小于0.015,坝基土最大干密度不小于 1.76g/cm^3 。

[0147] 2、注水增湿方案

[0148] (1)注水增湿施工工艺

[0149] 由于原土含水率偏低,试验前对强夯试验区进行加水增湿,注水面积为强夯面积(试验区 400m^2),孔间距布置采用2m梅花形布置形式。如图1。

[0150] 在增湿前对现场地基土的天然含水率进行检测,通过天然含水率与最优含水率的对比,计算出增湿区地基土的注水量的多少。注水量根据以下公式计算:

$$[0151] \quad Q = (\omega_{op} - \omega) \times \rho / (1 + \omega) \times h \times A$$

[0152] 式中:Q—增湿拟夯实土层的计算加水量(m³);

[0153] ω_{op} —最优含水量(%);

[0154] ω —在拟夯实层范围内,天然土的含水量加权平均值(%);

[0155] ρ —在拟夯实层范围内,天然土的密度加权平均值(g/cm^3);

[0156] h —拟增湿的土层厚度(m);

[0157] A —拟进行增湿的地基土面积(m^2)。

[0158] 每个试验区注水量 $Q = (12.6\% - 6.5\%) * 1.45 / (1 + 6.5\%) * 8 * 400 = 267\text{m}^3$ 。

[0159] 注水孔深度:7.2m,孔径30cm。注水量:2.57 m^3 /孔(孔间距2m)。连续注水4~5次,三天内注完,间隔14天后进行强夯实验。

[0160] (2)注水增湿:

[0161] 注水增湿注水孔完成后,采用管道和设备将低压水送到增湿区域后,通过毛管将水注入注水孔底部,自下而上直至水平面达到孔口,边渗透边补水,直至完成设计要求注水量。水流由毛管流进注水管,在一定的工作压力下注入土壤。以一个恒定的低流量在土壤中以非饱和流的形式在向四周渗透。

[0162] (3)含水率检测

[0163] 在试验区注水完成7d后,随机在距离注水孔0.5m,1.0m处进行取样测定含水情况,如下表所示。

[0164]

点号 \ 深度	1米	2米	3米	4米	5米	6米	7米	8米
注水前	10.4	11.4	8.3	7.2	6.4	5.5	5.5	8.7
1号点	14.0	7.0	3.8	9.4	14.1	10.0	/	/
2号点	12.8	8.5	4.0	10.9	11.3	13.9	12.4	12.7

[0165]

3号点	15.7	7.8	3.6	8.6	10.2	11.9	15.1	8.5
4号点	11.8	8.3	5.8	6.7	8.2	6.4	10.8	4.3
5号点	15.9	8.8	8.4	4.2	7.8	3.8	10.0	5.5
6号点	14.0	10.7	11.1	10.1	14.4	13.2	11.0	9.0
7号点	14.2	11.2	5.0	3.8	4.2	7.7	10.1	11.8
8号点	13.7	8.0	7.5	4.9	4.1	7.4	13.9	12.4
9号点	16.8	8.6	5.9	9.8	10.1	10.4	7.5	7.4
10号点	13.4	9.4	5.1	5.8	9.3	13.7	13.3	13.5
11号点	12.9	13.6	10.2	11.4	7.3	10.5	15.9	14.4
12号点	12.7	10.2	5.9	9.4	15.4	16.7	10.7	7.3

[0166] 从检测结果表明,1m-2m范围内含水率较高,3m-5m范围内含水率较低,6m-7m范围内含水率较高,8m含水率较低。

[0167] 3、试夯过程及分析,如图2。

[0168] (1)强夯能级:采用不同能级组合,第一、第二遍主夯能级均为10000 $\text{kN}\cdot\text{m}$,夯锤重量66.22吨,落距15.41米。第三遍插点辅夯能级为5000 $\text{kN}\cdot\text{m}$,夯锤重量38.08吨,落距13.40米。第四遍为满夯施工,夯击能为3000 $\text{kN}\cdot\text{m}$ 。夯锤重量38.08吨,落距8.04米。

[0169] (2)布点形式:第一、二遍点夯的夯点形式按10m×10m正方形布置,夯点间距10m。第三遍夯点在第一、二遍点夯之间进行插夯,第四遍要求锤印彼此搭接1/3~1/4。

[0170] (3)夯击次数及停锤标准:每遍点夯的夯击数暂定第一、二遍不少于10击,第三遍每点10击,第四遍每点2~3击。并应同时满足下列条件:

[0171] ①最后两击的平均夯沉量≤100mm;

[0172] ②夯坑周围地面不应发生过大的隆起;

[0173] ③不因夯坑过深而发生提锤困难,如遇此情况可边夯边填。

[0174] (4)为了确定最佳夯击数和控制在标准,选取代表性夯点对第一、二遍单点夯击试验进行监测,其每击夯沉量及累计夯沉量曲线如下图3。

[0175] ①通过对图2-3第一遍单点夯分析发现,夯击击数在第1击时沉降量大于1m,夯击击数第5击之后均小于0.15m,在第9击、第10击时沉降量无变化,且累计沉降量已经趋于平缓,说明本试验的最佳夯击数为10击。

[0176] ②对第一遍主夯点的全过程监测表明,总计9个夯点的夯坑沉降量在2.40-3.38m,平均坑深2.73m。在夯击过程中夯坑周围地表隆起均不明显,说明强夯效果有效性较高。

[0177] ③通过对图2-3第二遍单点夯分析发现,夯击击数在第1击时沉降量大于1m,夯击击数第4击之后均小于0.1cm,在第8击之后变小,同时累计夯程量趋于平缓,说明本试验的最佳夯击数为10击。

[0178] ④对第二遍主夯点的全过程监测表明,总计4个夯点的夯坑沉降量在2.54-2.77m,平均坑深2.63m。对比第一遍主夯点,夯坑沉降量相差0.1m,说明夯点间距为10m,侧向挤密作用效果较差,导致沉降量相差不明显。

[0179] 综合分析,注水+10000KN.M强夯试验第一遍、第二遍点夯最佳夯击数为10击,控制标准为最后2击击数平均沉降量不大于0.1m,建议适当调整主夯点间距。并应保证夯坑深度不小于试夯夯坑的平均深度。

[0180] 4、试夯前后场地标高对比

[0181]

夯击遍数	夯点个数	夯击击数	夯坑平均深度/m	整体下沉量(平均) /m
第一遍	9	10	2.73	0.98
第二遍	4	10	2.63	
第三遍	12	10	1.96	
第四遍	/	2	/	

[0182] 5、试夯效果检测

[0183] 强夯后地基检测主要进行环刀取样及土块取样,检测点为主夯点位置及桩间位置,防止对土样产生扰动,

[0184] 采用人工开挖取样。对土样含水率、湿陷系数、干密度进行检测,其随深度的变化

关系如下图4所示。

[0185] 如图5,从以上含水率随深度变化可以看出,注水增湿处理后,含水量明显提高,平均值处于11%-12%,已经适宜于强夯所要求的含水量。

[0186] 从湿密度、干密度变化来看,注水强夯后湿密度及干密度变化较为明显,天然状态下干平均干密度为 $1.33\text{g}/\text{cm}^3$,增湿强夯后桩身平均干密度 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$,桩间平均干密度 $1.63\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0187] 从湿陷系数变化来看,注水后强夯对8m以内湿陷性能够消除,1-5m范围内桩身及桩间平均湿陷性系数0.0024、0.0034。6-7m湿陷性系数0.005、0.008。

[0188] 6、分析:

[0189] 通过对注水+10000KN.M强夯,夯点间距 $10\text{m}\times 10\text{m}$,试验过程全程监控、并对各项参数进行分析,结果如下:

[0190] (1)注水后土的天然含水率提高明显,含水率的大小决定土体颗粒之间位移的难易程度。5m以内含水率达到11%-12%时,经过强夯土体密实度增加,压实度能达到94%以上,湿陷性消除。

[0191] (2)注水+10000KN.M强夯后,上部5m范围内检测点土体干密度大部分得到提高,均大于 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$,挤密效果较好,孔隙比减小,湿陷性消除。6m-8m范围内干密度变化较小,但湿陷性消除。

[0192] 在上述实施例中,可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用全部或部分地以计算机程序产品的形式实现,所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载或执行所述计算机程序指令时,全部或部分地产生按照本发明实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中,或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输,例如,所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线(例如同轴电缆、光纤、数字用户线(DSL)或无线(例如红外、无线、微波等)方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输)。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质,(例如,软盘、硬盘、磁带)、光介质(例如,DVD)、或者半导体介质(例如固态硬盘Solid State Disk(SSD))等。

[0193] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

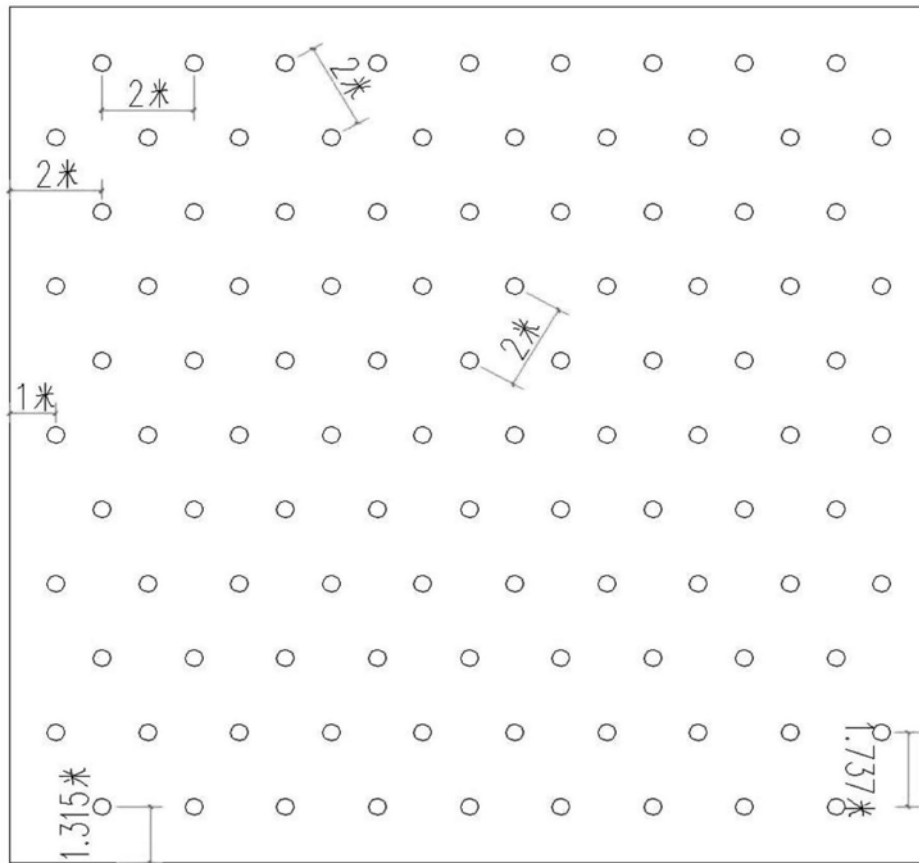


图1

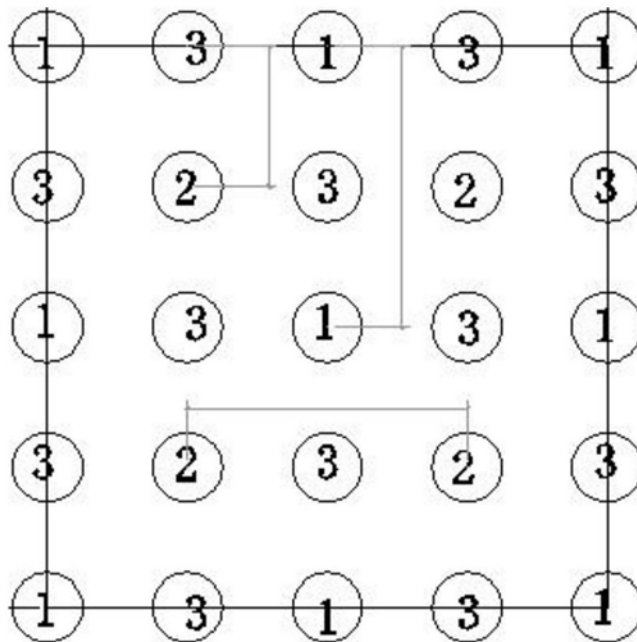


图2

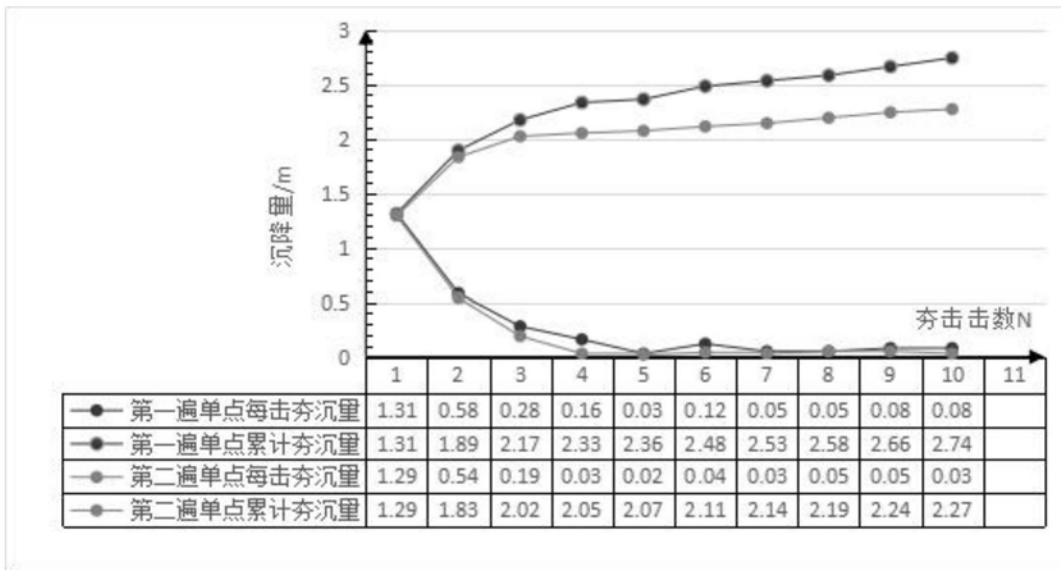


图3

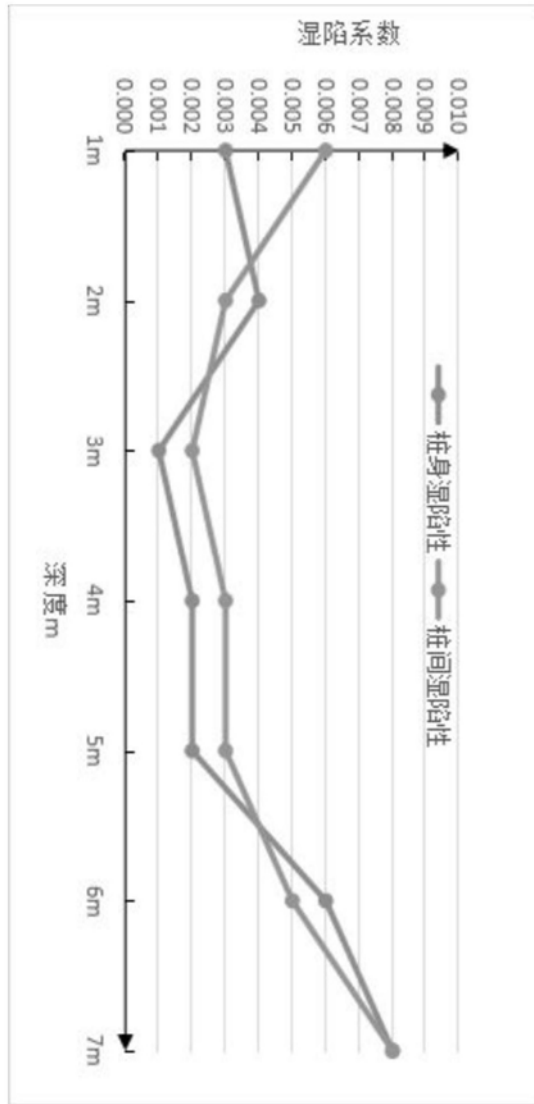


图4

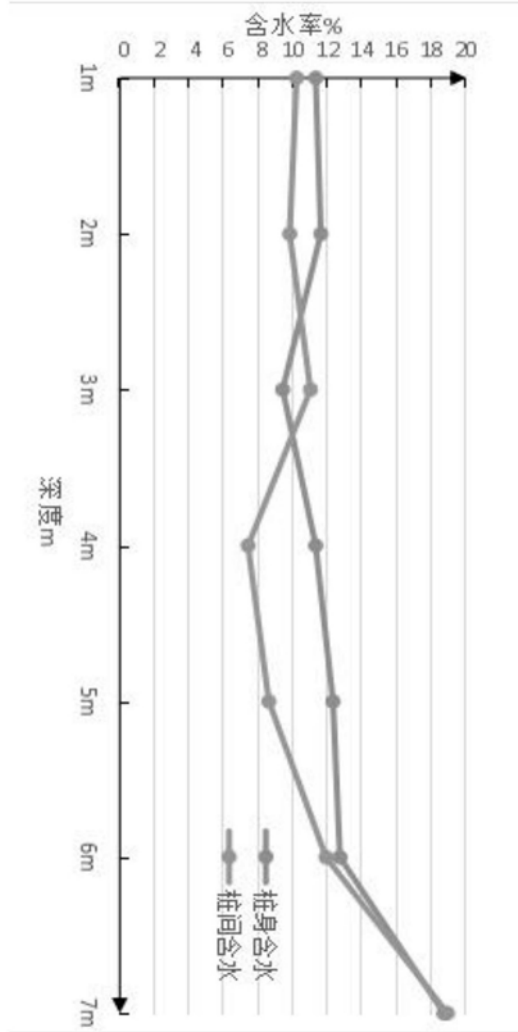


图5