

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E02D 3/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710025566.X

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 100516373C

[22] 申请日 2007. 8. 6

[21] 申请号 200710025566.X

[73] 专利权人 张志铁

地址 210024 江苏省南京市西康路 1 - 8
号河海大厦 1103 室

共同专利权人 刘斯宏

[72] 发明人 张志铁 刘斯宏

[56] 参考文献

CN1884708A 2006. 12. 27

JP2000 - 104242A 2000. 4. 11

CN1948632A 2007. 4. 18

CN1818227A 2006. 8. 16

CN1884707A 2006. 12. 27

CN1330189A 2002. 1. 9

JP2004 - 190374A 2004. 7. 8

CN1584221A 2005. 2. 23

吹填砂软土地基的真空降水强夯加固方法.
陈建业. 山西建筑, 第 29 卷第 7 期. 2003

真空降水强夯法关键技术研究与应用. 朱
进军, 韩选江, 朱允伟, 王黎明, 赵翔. 建筑科
学, 第 23 卷第 7 期. 2007

审查员 张 蕾

[74] 专利代理机构 南京天华专利代理有限责任公
司

代理人 徐冬涛 瞿网兰

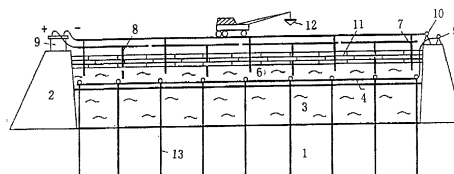
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 1 页

[54] 发明名称

双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯
加固软土的方法

[57] 摘要

一种双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法, 属于一种地基加固技术, 它主要包括以下步骤 A. 低位真空自载联合预压; B. 真空井点降水; C. 真空电渗降水并同时铺设土工复合填料; D. 低能量强夯; E. 振动碾压, F. 平整场地。本发明解决了现有的施工方法对砂石使用量较大而增加成本或无法施工的问题, 具有施工周期短, 无需砂石料即可进行施工的优点。



1、一种双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是：

首先进行低位真空自载联合预压，即先筑围堰(2)，吹填泥浆(3)入围堰至设定高程，在泥浆面上插塑料排水板(13)，铺真空水平网管(4)，安装真空系统(5)，吹超厚泥封层(6)，真空预压系统抽真空，低位真空自载联合预压开始；当泥封层以下的软土在真空预压和泥封层的自载预压荷载的共同作用下达到设计固结度、泥封层也具有一定强度时低位真空自载联合预压结束；

第二步，进行第一次真空井点降水；

第三步，进行第一次真空电渗降水并同时铺设土工复合填料；

第四步，拔除第二步和第三步施工中安装的复合井点管和电渗管的同时进行第一遍低能量强夯，直至二击贯入量小于 20cm；

第五步，在第一遍低能量强夯结束后分别进行第二次真空井点降水和第二次真空电渗降水，当真空电渗降水后的水位降至 4 米以下后仍持续 2-3 天后电渗降水结束，只保留真空井点降水直至复合井点管不出水为止；

第六步，在第二次真空井点降水和第二次真空电渗降水结束同时铺设土工复合填料，当孔隙水压力消散 80%以上时，拔除复合井点管和电渗管进行第二遍低能量强夯；

第七步，在第二遍低能量强夯结束后再在泥封层(6)上竖插复合井点管进行真空井点降水以消散超静孔隙水压力，同时在泥封层(6)上满铺土工复合填料，当第二遍低能量强夯引起的超静孔隙水压力消散 80%以上时，拔除复合井点管，进行第三遍低能量强夯；经 2~3 遍的“先铺土工复合填料再进行低能量强夯”的操作直到超厚泥封层达到超固结要求；

最后进行振动碾压和平整场地。

2、根据权利要求1所述的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是所述的真空预压系统由水平干管、支管、塑料排水板、集水井及真空泵组成，水平干管和支管铺设在吹泥面上，塑料排水板和支管相连，支管连接干管，干管和集水井相连，集水井和真空泵相连。

3、根据权利要求1所述的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是所述的超厚泥封层的厚度为2~6米，它既是闭气系统又是自载预压系统。

4、根据权利要求1所述的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是所述的复合真空井点管为带有反滤梯度系统的复合井点管，它由滤头（15）、反滤布（16）、反滤布套（17）、中粗砂（19）、最后回填料（20）和管体（14）组成，滤头（15）位于管体（14）的下端上，反滤布（16）包裹在管体（14）和滤头（15）上，中粗砂（19）被包裹在反滤布（16）和反滤布套（17）之间的空隙中，最后回填料（20）位于中粗砂（19）的上表面上。

5、根据权利要求1所述的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是每遍真空井点降水的结束标准是复合井点管不出水、平衡系数大于0.75。

6、根据权利要求1所述的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是第一遍低能量强夯的夯击能为500~800kNm，夯击点呈正方形或梅花形布置，每点击数1~2击，当最后二击的贯入量小于20cm时，第一遍低能量强夯结束；第二遍低能量强夯的夯击能为800~1000kNm，夯击点呈正方形或梅花形布置，每点2~3击；第三遍低能量强夯的夯击能1000~1200kNm，满夯，夯印搭接1/4-1/3，每点击数为1~2击。

7、根据权利要求1所述的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是所述的土工复合填料是由许多用土工布制作的袋体或编织袋，袋体的尺寸为40cm×40cm×10cm~120cm×120cm×20cm，袋体内装场地原状软土，其铺设方法如下：第一、二遍低能量强夯前所需铺设的土工复合填料应铺设在设计夯点位置上，土工复合填料厚20~30cm，每层袋体的接

缝应上、下层错开，形成交错堆叠；第三遍低能量强夯前应在泥封层上满铺土工复合填料，厚20~30cm，每层土工复合填料有许多连接袋体紧密排列而成，每一组连体袋体有二个袋体组成，其袋口和袋口对扎成连体形状并形成铰接，多层袋体在整个加固区域交叉分层堆叠铺设。

8、根据权利要求1所述的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是在地下水丰富、场地外围水位高、地表径流补给水丰富地区，应设置长短管结合的外围封管，即在长管之间插入短管，用以解决浅层水的降水，彻底解决外水回灌现象的发生。

9、根据权利要求1所述的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是在第一遍真空井点降水及第一遍真空电渗降水时，均采用长管，其中复合井点管长约6m左右，电渗管长约7m左右，第二、第三遍真空井点降水及真空电渗降水均采用短管，其中复合井点管长约3m左右，电渗管长约4m左右，以消除浅层降水不到位、防止浅层土软化。

双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法

技术领域

本发明涉及一种适用于以细颗粒为主，渗透系数小的流泥，淤泥及淤泥质土地基的高效大面积软土地基的综合加固方法。尤其是一种适用于场地对强度和变形要求高且当地缺少砂石等材料作为低能量强夯所需填料的大面积软基加固并利用清淤泥浆抬高其高程的围海造陆或低洼地填高工程的方法，具体地说是一种双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法。

背景技术

目前，加固软土地基并抬高其高程的工艺方法有堆载预压法，真空堆载联合预压法，低位真空预压法等。特别是中国发明专利申请CN1884708A公开了一种“双真空自载联合预压及动力挤密法综合加固软土技术”，该技术不但克服了上述诸工法的不足，而且提供了一种对场地软土及吹填抬高泥浆层同时处理的方法，且处理后的场地强度较高，固结周期短，完成了清淤和造陆兼得的“套裁”功效，具有明显的经济和社会效益。然而，该技术也有一些缺点和不足，以致在一定程度上制约了其推广和应用，其主要缺点如下：

1、工法中对超厚泥封层的固结主要依赖真空电渗降水及低能量强夯的二次加固，而软土地基经真空电渗降水后仍处于十分软弱状态，强夯等施工机械根本无法进入场地作业。为此，必须在强夯前先铺设一层足够厚度诸如砂、石的填料。这对于缺乏砂、石资源的地区将须远距离运送砂、石，而使工程造价陡增，甚至还会因根本无法提供这些填料使工法陷于困境。

2、工法中由真空电渗降水到低能量强夯，中间须经过拔管和铺设填料较长的施工时间。此时若遇到如下情况：a、处在外围高水位的场地，静水压力大；b、设计的外围管作用较弱；c、长期下雨，地表径流对浅层补给水丰富等。这时经降水后的场地将会发生外水“回灌”现象，使水位管水位上升，

给下一道低能量强夯施工带来极大的不利。

3、工法中若采用块石作为强夯填料时，经强夯后的场地，由于块石的阻碍，第二遍真空电渗降水时很难插入真空电渗管，从而使该工艺因无法成孔而告失败。

上述缺点很大程度上制约了该工法的推广和应用。

发明内容

本发明的目的是提供一种具有反滤梯度的新颖的真空井点管，完成真空井点降水，并直接利用场地原状土作为强夯填料的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，以克服现有技术的不足。

本发明的技术方案是：

一种双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土的方法，其特征是：

首先进行低位真空自载联合预压，即先筑围堰 2，吹填泥浆 3 入围堰至设定高程，在泥浆面上插塑料排水板 13，铺真空水平网管 4，安装真空系统 5，吹超厚泥封层 6，真空预压系统抽真空，低位真空自载联合预压开始；当泥封层以下的软土在真空预压和泥封层的自载预压荷载的共同作用下达到设计固结度、泥封层也具有一定强度时低位真空自载联合预压结束；

第二步，进行第一次真空井点降水；

第三步，进行第一次真空电渗降水并同时铺设土工复合填料；

第四步，拔除第二步和第三步施工中安装的复合井点管和电渗管的同时进行第一遍低能量强夯，直至二击贯入量小于 20cm；

第五步，在第一遍低能量强夯结束后分别进行第二次真空井点降水和第二次真空电渗降水，当真空电渗降水后的水位降至 4 米以下后仍持续 2-3 天后电渗降水结束，只保留真空井点降水直至复合井点管不出水为止；

第六步，在第二次真空井点降水和第二次真空电渗降水结束同时铺设土工复合填料，当孔隙水压力消散 80%以上时，拔除复合井点管和电渗管进行第二遍低能量强夯；

第七步，在第二遍低能量强夯结束后再在泥封层 6 上竖插复合井点管进

行真空井点降水以消散超静孔隙水压力，同时在泥封层 6 上满铺土工复合填料，当第二遍低能量强夯引起的超静孔隙水压力消散 80%以上时，拔除复合井点管，进行第三遍低能量满夯。经 2~3 遍的“先铺土工复合填料再进行低能量强夯”的操作直到超厚泥封层达到超固结要求；

最后进行振动碾压和平整场地。

所述的真空预压系统由水平干管、支管、塑料排水板、集水井及真空泵组成，水平干管和支管铺设在吹泥面上，塑料排水板和支管相连，支管连接干管，干管和集水井相连，集水井和真空泵相连。

所述的超厚泥封层的厚度为 2~6 米，它既是闭气系统又是自载预压系统。

所述的复合真空井点管为带有反滤梯度系统的复合井点管，它由滤头15、反滤布16、反滤布套17、中粗砂19、最后回填料20和管体14组成，滤头15位于管体14的下端上，反滤布16包裹在管体14和滤头15上，中粗砂19被包裹在反滤布16和反滤布套17之间的空隙中，最后回填料20位于中粗砂19的上表面上。

每遍真空井点降水的结束标准是复合井点管不出水、平衡系数大于0.75。

第一遍低能量强夯的夯击能为500~800kNm，夯击点呈正方形或梅花形布置，每点击数1~2击，当最后二击的贯入量小于20cm时，第一遍低能量强夯结束；第二遍低能量强夯的夯击能为800~1000kNm，夯击点呈正方形或梅花形布置，每点2~3击；第三遍低能量强夯的夯击能1000~1200kNm，满夯，夯印搭接1/4-1/3，每点击数为1~2击。

所述的土工复合填料是由许多用土工布制作的袋体或编织袋，袋体的尺寸为40cm×40cm×10cm~120cm×120cm×20cm，袋体内装场地原状软土，其铺设方法如下：第一、二遍低能量强夯前所需铺设的土工复合填料应铺设在设计夯点位置上，土工复合填料厚20~30cm，每层袋体的接缝应上、下层错开，形成交错堆叠；第三遍低能量强夯前应在泥封层上满铺土工复合填料，厚20~30cm，每层土工复合填料有许多连接袋体紧密排列而成，每一组连体袋体有二个袋体组成，其袋口和袋口对扎成连体形状并形成铰接，多

层袋体在整个加固区域交叉分层堆叠铺设。

在地下水丰富、场地外围水位高、地表径流补给水丰富地区，应设置长短管结合的外围封管，即在长管之间插入短管，用以解决浅层水的降水，彻底解决外水回灌现象的发生。

在第一遍真空井点降水及第一遍真空电渗降水时，均采用长管，其中复合井点管长约 6m 左右，电渗管长约 7m 左右，第二、第三遍真空井点降水及真空电渗降水均采用短管，其中复合井点管长约 3m 左右，电渗管长约 4m 左右，以消除浅层降水不到位、防止浅层土软化。

本发明的有益效果：

A、本发明利用原状软土大部分乃至全部取代砂、石等填料，降低了工程造价，尤其对缺砂石或无砂石地区尤为如此。

B、本发明由于引入了土工复合填料，使真空电渗降水和低能量强夯二者同步施工成为可能，这使得真空电渗降水一结束，立刻可以拔管进行低能量强夯，从而使二道工序的间歇时间几乎为零，这将有效地杜绝外水回灌现象的发生，大大降低了强夯出现橡皮土的概率。

C、土工复合填料结构是一种柔性结构，能根据场地土的软硬情况调整传入地基中的夯能，使加固后的地基趋于均匀。

D、土工复合填料结构是一种强力加筋体系，经多层填料交错铺填后，场地表层的压力扩散角达40度以上；交工面上的承载力可达150kPa以上，大大提高了地基承载力。

E、本发明中引入了新的具有反滤梯度系统的复合井点管，使在真空降水过程中大大减少堵管概率外，复合井点管又能兼作超静孔压的消散系统和场地的复合加筋系统，提高了工法的加固效果。

F、土工复合填料可工厂化生产，铺填速度快，大大提高了施工效率。

附图说明

图1是本发明的双真空自载预压及土工复合填料低能量强夯加固软土法示意图。

图2是本发明的带有反滤梯度系统的复合井点管的结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

如图1、2所示。

1、低位真空自载联合预压

参见图1。先筑围堰2，吹填泥浆3入围堰至一定高程，在泥浆面上插塑料排水板13，铺真空水平网管4，安装真空系统5，吹超厚泥封层6，真空预压系统抽真空，低位真空自载联合预压开始。真空预压系统即在吹泥面上铺设水平干管和支管，塑料排水板和支管相连，支管连接干管。干管和集水井相连，集水井和真空泵相连。当泥封层以下的软土在真空预压和泥封层的自载预压荷载的共同作用下达到设计固结度，泥封层也具有一定强度时，低位真空自载联合预压结束。

2、真空井点降水

泥封层上布置真空井点降水系统，真空井点降水开始，即在泥封层上竖插许多排平行的复合井点管7(其构造如图2所示，图中：15为滤头，16为120目反滤布包裹，18为80目反滤布套；19为中粗砂，含泥量 $\leq 3\%$ ；20最后回填料，中粗砂，含泥量 $\leq 3\%$ ，复合井点管长约6m(若泥封层厚小于3m，复合井点管用3m短管)，贯穿泥封层，滤头长2m，复合井点管间距 $2\text{m} \times 2\text{m} \sim 4\text{m} \times 4\text{m}$ ，它和许多条横置的连接管相连，连接管用 $41\text{mm} \times 51\text{mm} \times 40\text{mm}$ 内含螺旋形钢丝的透明呢绒管，连接管和集水总管连接，集水总管用 $\Phi 63\text{mm}$ 的PVC管，节间用与之配套的专用接头连接，并用三通将集水总管和总管相接，总管和真空系统10连接。为防止外水回灌处理场地，应在被处理场地设外围封管，当场地外围处于高水位或外围浅层补给水丰富时，外围封管应采用长短管结合，以解决浅，深层水的降水。真空井点降水时间一般7~9天，当平衡系数大于0.75时，真空井点降水结束。

3、真空电渗降水同时铺设土工复合填料

在复合井点管内侧竖插许多平行的电渗管8，安装智能电渗降水仪9(可参见申请人在先申请的相关专利)，真空电渗降水开始，即在复合井点管内侧布置 $\Phi 25\text{mm}$ 的钢筋或复合井点管相同的钢管($\Phi 32\text{mm}$ 钢管)作为电渗管，电

渗管和复合井点管成等腰三角形布置。电渗管之间用铝棒并用专用夹件相连后和智能电渗降水仪的正极相连，复合井点管之间用 $\Phi 5\text{mm}$ 钢筋点焊相连后和智能电渗降水仪的负极相连，两条线路形成直流回路，一切就绪，真空电渗降水开始。与此同时，在管间按第一遍低能量强夯设计的夯点上铺设土工复合填料11，土工复合填料袋体铺垫厚度约20~30cm，每一个袋体尺寸为40cm $\times$ 40cm $\times$ 10cm~120cm $\times$ 120cm $\times$ 20cm，袋体每层的接缝在上下层之间应错开，形成交错堆叠。当场地表面泛白，靠近电渗管处的场地开裂，第一遍真空电渗降水结束。

4、第一遍低能量强夯(点夯)

拔除电渗管和复合井点管，紧接着第一遍低能量强夯开始，当最后二击贯入量小于20cm，第一遍低能量强夯结束。按照复合井点管和电渗管位置对调原则，在泥封层上竖插复合井点管和电渗管，先进行真空井点降水，直至复合井点管不出水，紧接着真空电渗降水开始，当水位降至3~4m以下，出水量明显增大时再进行2~3天的真空电渗降水，尔后停止电渗降水，只保留真空井点降水，直至复合井点管不出水为止(二遍真空电渗降水所需总时间约15~20天)。

5、第二遍低能量强夯(点夯)

利用第一遍低能量强夯后超静孔隙水压力消散的时间，在泥封层上按第二遍低能量强夯设计的夯点上铺垫土工复合填料，即土工复合填料袋体厚约20~30cm，每个袋体尺寸为40 $\times$ 40 $\times$ 10cm~120 $\times$ 120 $\times$ 20cm，每层袋体的接缝在上下层间错开。当孔隙水压力消散80%以上时，拔除电渗管和复合井点管，第二遍低能量强夯开始。

6、第三遍低能量强夯(满夯)

第二遍低能量强夯结束后，在泥封层上竖插复合井点管进行真空井点降水以利于超静孔隙水压力的消散。同时，在泥封层上满铺土工复合填料，即土工复合填料的厚度约20~30cm，每个填料袋体尺寸约40 $\times$ 40 $\times$ 10cm~120 $\times$ 120 $\times$ 20cm，每层土工复合填料由许多连体袋体紧密排列而成，每个连体袋体由两个袋体将其袋口与袋口对扎而成，多层袋体在整个加固区域交叉分层堆

叠铺设，当第二遍低能量强夯引起的超静孔隙水压力消散80%以上时，拔除复合井点管，第三遍低能量强夯开始。经2~3遍“先铺土工复合填料~低能量强夯”施工后，超厚泥封层达到超固结。以上强夯参数汇总于表1中。

7、振动碾压，平整场地。

表1 低能量强夯参数

遍数	夯击能 kNm	布置 形式	间距(m)	每点 击数	强夯时间	夯前填料性质
1	500~800	正方形或梅花形	4~6.5	1~2	电渗管和复合井点管拔除后即强夯	用土工布袋制作的口袋或编织袋, 尺寸为 40×40×10cm~120×120×20cm, 内装场地原状土, 每层袋体的接缝在上、下层错开, 填料总厚 20~30cm
2	800~1000	同上	4~6.5	2~3	同上	同上
3	1000~1200	满夯	夯印搭接 1/4 ~ 1/3	1~2	拔除复合井点管即刻强夯	用土工布制作的口袋或编织袋, 尺寸为 40×40×10cm~120×120×20cm, 内装场地原状土, 每层土工复合填料由许多连接袋体紧密排列而成, 每个连接袋体由二个袋体将其袋口和袋口对扎而成, 多层袋体在整个加固区域交叉分层堆叠满堂铺设。

具体实施时：吹超厚泥封层应达2~6m。当超厚泥封层下的软土达到设计固结强度、泥封层也具有一定强度时，低位真空自载联合预压即可结束。每遍真空井点降水的结束标准是复合井点管不出水、平衡系数大于0.75，三遍真空井点降水的时间共约7~9天。第一遍真空电渗降水开始后，当场地泛白、电渗管附近土体开裂、被加固土的含水量大幅度下降，第一遍真空电渗降水结束；第二遍真空电渗降水一段时间后，若水位孔的水位下降至3~4m以下且出水量明显增大，此时再延续2~3天即可宣告第二遍真空电渗降水结束。真空电渗降水总耗时约15~20天。第一遍夯击能为500~800kNm，正方形或梅花形布置，每点击数1~2击，当最后二击的贯入量小于20cm时，第一遍低能量强夯结束；第二遍夯击能为800~1000kNm，正方形或梅花形布置每点2~3击；

第三遍夯击能1000~1200kNm, 满夯, 夯印搭接1/4-1/3, 每点击数为1~2击。真空降水系统即在超厚泥封层上竖插复合井点管, 复合井点管和横置的连接管相连, 连接管和集水总管连接、集水总管和总管相连、总管和真空系统连接。和真空井点降水同时, 在复合井点管的内侧竖插电渗管并安装智能电渗降水仪, 并将复合井点管和智能电渗降水仪的负极相连、将电渗管和智能电渗降水仪的正极连接, 以形成直流回路。在真空井点降水中采用如图2所示的设有反滤梯度系统的复合井点管。土工复合填料即是由许多用土工布制作的袋体或编织袋, 袋体的尺寸为40cm×40cm×10cm~120cm×120cm×20cm, 袋体内装场地原状软土, 其铺设方法如下:第一、二遍低能量强夯前所需铺设的土工复合填料应铺设在设计夯点位置上, 土工复合填料厚20~30cm左右, 每层袋体的接缝应上、下层错开, 形成交错堆叠;第三遍低能量强夯(满夯)前应在泥封层上满铺土工复合填料, 厚约20~30cm, 每层土工复合填料有许多连接袋体紧密排列而成, 每一组连体袋体有二个袋体组成, 其袋口和袋口对扎成连体形状, 多层袋体在整个加固区域交叉分层堆叠铺设。在第一遍真空电渗降水开始时, 即可在管与管之间按第一遍强夯设计的夯点位置上铺设土工复合填料, 这样, 一旦真空电渗降水结束, 即可边拔管边强夯, 彻底杜绝外水回灌事故的发生。在地下水丰富、场地外围水位高、地表径流补给水丰富地区, 应设置长短管结合的外围封管, 即在长管之间插入短管, 用以解决浅层水的降水, 彻底解决外水回灌现象的发生。

本发明的加固原理:

A、泥封层以下的吹填泥浆和场地软土加固机理

泥封层以下的超软土在80kPa真空负压和超厚泥封层的自重应力转化成的自载预压荷载的共同作用下, 其固结指标大大提高。

B、超厚泥封层的加固机理

超厚泥封层在低位真空预压抽真空过程中, 在自然蒸发和真空吸力共同作用下, 虽在一定程度上得到初步固结, 但总体上仍属淤泥或淤泥质土范畴, 尚需进行二次加固。

其二次固结机理如下:

(1) 真空井点降水

超厚泥封层在真空吸力作用下，使大部分自由水经由真空井点管排出，土体得到一定的压缩固结，同时本工法采用较大直径的复合井点管，它的存在也起到砂桩复合地基的加筋作用。

(2) 真空电渗降水并同时铺设土工复合填料

泥封层在真空电渗降水过程中，场地软土在真空吸力，电渗力和烘烤作用的共同作用下，将软土中大部分孔隙水经由真空井点管排出，使含水量降至低能量强夯所需的最佳含水量，为下一轮低能量强夯创造条件；同时，在真空电渗降水过程中逐步将土工复合填料铺设到位，这使真空电渗降水一旦结束即可拔管进行低能量强夯，彻底杜绝了外水回灌场地土现象发生，大大提高了低能量强夯的挤密效果，并缩短了施工工期。

(3) 低能量强夯

经有效降水的土体上铺设一层土工复合填料，在夯击能作用下，其土工复合填料袋体的周长会伸长，在袋体中产生袋子张力，袋子张力反过来约束袋体中的原状土致使土颗粒间的接触力增大，袋中土体完全处于三向受压状态，最终使袋中的原状土在袋子张力的约束下形成一个强度及刚度均很大的整体。而低能量强夯的柱状夯击能则通过刚度很大的土工复合填料传入其下土层中。夯锤下落的瞬间，在土层中激发很大的超静孔隙水压力，随着超静孔压的消散，其下软土在孔压转化为有效应力的过程中逐渐达到超固结，土体强度也随之提高。

本发明未详述之处均可用现有技术或申请人在先申请的相关专利加以实现。

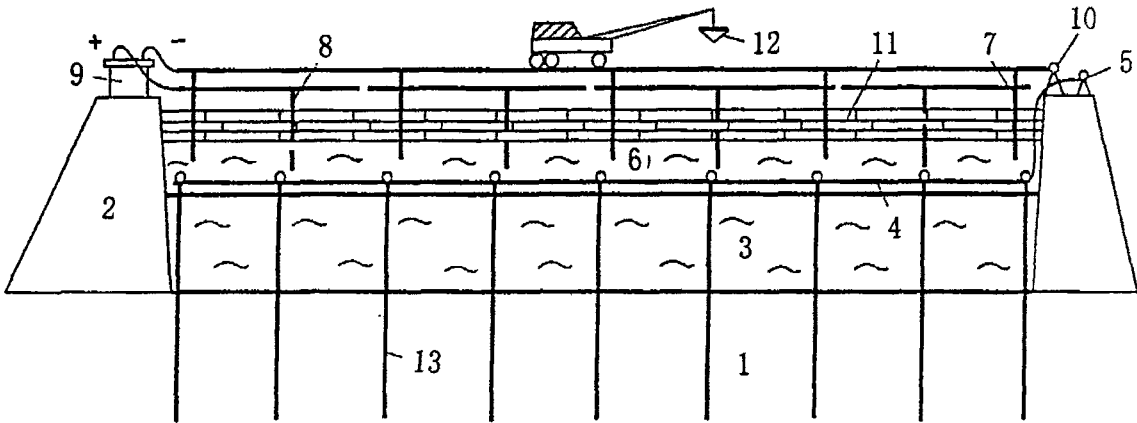


图 1

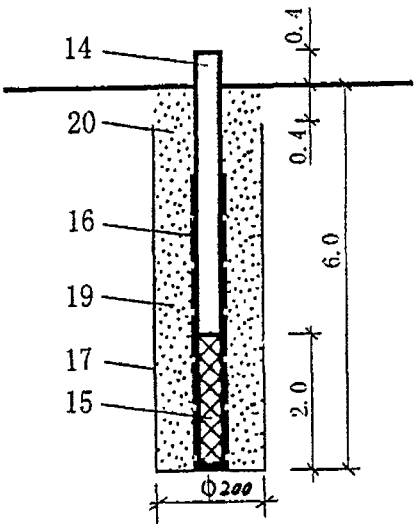


图 2