(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113484056 A
(43)申请公布日 2021.10.08

(21)申请号 202110777108.1

(22)申请日 2021.07.09

(71)申请人 华东建筑设计研究院有限公司
地址 200002 上海市黄浦区汉口路151号

(72)发明人 王卫东 胡耘 沈健 王惠生
陶露萍 姜韬 闵永恩

(51)Int.Cl.
G01M 99/00(2011.01)
G09B 25/00(2006.01)

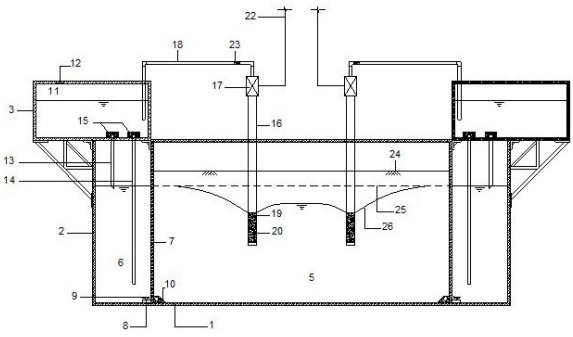
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置及试验方法

(57)摘要

本发明属于地下空间开发领域的用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置及试验方法，技术方案为：该抽水模拟装置设置在离心机的挂斗上；地下水管井抽水模拟装置包括用于内填模拟土和模拟地下水的主模型箱、用于内填模拟地下水的副模型箱、储水箱和抽水系统；副模型箱位于主模型箱的侧边，并通过底部的连通管与主模型箱连通；储水箱安装于副模型箱上方，顶部安装有单向排气阀；储水箱底部开孔安装进气管和出水管，进气管和出水管向下伸入副模型箱内；抽水系统由变频水泵控制，包括管井和导水管；管井伸入主模型箱内；导水管一端连接管井，另一端伸入储水箱内。实现在离心模型试验中地下水管井抽水的模拟。



CN 113484056 A

1.一种用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置,其特征在于:所述地下水管井抽水模拟装置设置在离心机的挂斗上;所述地下水管井抽水模拟装置包括用于内填模拟土(24)和模拟地下水的主模型箱(1)、用于内填所述模拟地下水的副模型箱(2)、储水箱(3)和抽水系统(4);所述副模型箱(2)位于所述主模型箱(1)的侧边,并通过底部的连通管(8)与所述主模型箱(1)连通;所述储水箱(3)安装于所述副模型箱(2)上方,顶部安装有单向排气阀(12);所述储水箱(3)底部开孔安装进气管(13)和出水管(14),所述进气管(13)和所述出水管(14)向下伸入所述副模型箱(2)内;所述抽水系统(4)由变频水泵(17)控制,包括管井(16)和导水管(18);所述管井(16)伸入所述主模型箱(1)内;所述管井(16)下方为开孔段(19),内部填滤料(20);所述导水管(18)一端连接所述管井(16),另一端伸入所述储水箱(3)内;所述导水管(18)上安装有单向阀(23);所述主模型箱(1)、所述副模型箱(2)和所述储水箱(3)的侧面设有可视观察窗。

2.根据权利要求1所述的一种离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置,其特征在于:所述连通管(8)上设有阀门(9)。

3.根据权利要求1所述的一种离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置,其特征在于:所述副模型箱(2)为两个,分别对称布置在所述主模型箱(1)的两侧。

4.根据权利要求1所述的一种离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置,其特征在于:所述抽水系统(4)为多个,各所述抽水系统(4)的所述变频水泵(17)均独立控制。

5.根据权利要求1所述的一种离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置,其特征在于:所述连通管(8)位于所述主模型箱(1)处设置第一反滤装置(10);所述进气管(13)和所述出水管(14)位于所述储水箱(3)处设置第二反滤装置(15)。

6.根据权利要求1所述的一种离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置,其特征在于:所述变频水泵(17)的控制线(22)连接至所述离心机的滑环后连接至离心场外的控制室。

7.根据权利要求1所述的一种用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置的试验方法,其特征在于:

步骤一:试验开始前,在1g条件下,所述主模型箱(1)内填所述模拟土(24);并在所述主模型箱(1)和所述副模型箱(2)中注入染色的所述模拟地下水至静水位(25);所述进气管(13)的高度调整至所述静水位(25),所述出水管(14)插入所述副模型箱(2)的下部;打开所述单向排气阀(12);打开所述单向阀(23);

步骤二:试验开始后,开启所述离心机加速至试验设计离心加速度,启动所述变频水泵(17),通过调整所述变频水泵(17)的功率控制动水位(26),由所述管井(16)抽出的水经所述导水管(18)进入所述储水箱(3)暂存,此时所述主模型箱(1)中的水位变为所述动水位(26);由配套的离心场中图像采集设备通过所述可视观察窗采集所述动水位(26)和土体变形过程。

用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置及试验方法

技术领域

[0001] 本发明属于地下空间开发领域，尤其涉及一种用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置及试验方法。

背景技术

[0002] 随着城市土地资源日益紧缺，地下空间开发成为解决城市用地、人口、交通、环境等问题，优化城市空间结构的重要手段。随着现阶段浅层地下空间的开发日趋饱和，深大地下空间开发也已成为地下空间资源利用的必然趋势，进而带来大量的深基坑工程。地下空间开发建设的热点区域大部分位于沿江沿海地区，该部分地区含水层深厚、水量丰富、水头压力高、渗透性强，对地下工程安全影响显著，基坑工程面临的深层地下水控制问题变得尤为突出。管井抽水是实现基坑安全开挖的常用技术措施，但与此同时伴随城市建设发展，新建建筑周边往往建筑物密集、管线繁多、地铁隧道纵横交错，环境条件日趋复杂敏感，深大基坑工程施工周期长，长时间大面积抽降深层地下水将引起周边地面大范围沉降，影响周边建(构)筑物等环境安全，处理不慎将会引发重大经济损失和社会矛盾。合理评估地下水抽水对周边环境的影响前提是需要对水文地质参数、抽水影响规律清晰认识，目前主要通过现场试验、参数拟合、预估模拟的方式进行，但是由于现场试验获取的数据零散有限，边界难以控制，水文地质参数的拟合还带有较重的经验性，预估结果与工程实施还存在较大差异。室内模型试验可以较精确地控制边界条件和材料特性、相比现场试验成本低且可以根据需要更为方便的布置传感器获得较为丰富的数据。由于自重对于抽水和土体的受力变形具有重要影响，而土工离心模型试验技术的最大优点是能够使模型与原型的应力相等、变形相似、破坏机理相同，因此土工离心模型试验技术已成为当前土工模型试验研究领域一个强有力的工具。土工离心模型试验在一个超重、封闭、狭小空间内进行，在该条件下实现基坑抽水过程、边界水头模拟、数据采集是一个复杂的过程，目前还没有成熟的试验设备和相关技术成果，无法在离心模型试验中模拟管井抽水过程。

发明内容

[0003] 为解决上述问题，本发明提供一种用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置及试验方法，实现在离心模型试验中地下水管井抽水的模拟。

[0004] 本发明的技术方案为：地下水管井抽水模拟装置设置在离心机的挂斗上；地下水管井抽水模拟装置包括用于内填模拟土和模拟地下水的主模型箱、用于内填模拟地下水的副模型箱、储水箱和抽水系统；副模型箱位于主模型箱的侧边，并通过底部的连通管与主模型箱连通；储水箱安装于副模型箱上方，顶部安装有单向排气阀；储水箱底部开孔安装进气管和出水管，进气管和出水管向下伸入副模型箱内；抽水系统由变频水泵控制，包括管井和导水管；管井伸入主模型箱内；管井下方为开孔段，内部填滤料；导水管一端连接管井，另一端伸入储水箱内；导水管上安装有单向阀；主模型箱、副模型箱和储水箱的侧面设有可视观察窗。

[0005] 基于上述技术特征:连通管上设有阀门。

[0006] 基于上述技术特征:副模型箱为两个,分别对称布置在主模型箱的两侧。

[0007] 基于上述技术特征:抽水系统为多个,各抽水系统的变频水泵均独立控制。

[0008] 基于上述技术特征:连通管位于主模型箱处设置第一反滤装置;进气管和出水管位于储水箱处设置第二反滤装置。

[0009] 基于上述技术特征:变频水泵的控制线连接至离心机的滑环后连接至离心场外的控制室。

[0010] 基于上述技术特征:一种用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置的试验方法为:

步骤一:试验开始前,在1g条件下,主模型箱内填模拟土;并在主模型箱和副模型箱中注入染色的模拟地下水至静水位;进气管的高度调整至静水位,出水管插入副模型箱的下部;打开单向排气阀;打开单向阀。单向排气阀和单向阀在试验过程中应该始终处于打开的状态。

[0011] 步骤二:试验开始后,开启离心机加速至试验设计离心加速度,启动变频水泵,通过调整变频水泵的功率控制动水位,由管井抽出的水经导水管进入储水箱暂存,此时主模型箱中的水位变为动水位;由配套的离心场中图像采集设备通过可视观察窗采集动水位和土体变形过程。

[0012] 有益效果在于:(1)设备原理简单,可根据需要模拟单井或多井抽水;(2)控制方便,变频水泵的控制线可连接至离心机的滑环,再通过离心机滑环连接至控制室,实现离心场外对各抽水井的抽水流量的独立控制;(3)数据采集方便,结合图像采集设备可动态、全面采集水位变化和土层变形数据;(4)适用性广,可用于各种土体和土体模拟材料下的管井抽水模拟;(5)可实现离心场内稳定水位控制;(6)可实现离心场内的内部水循环,无须排水或补水。

附图说明

[0013] 图1是本发明装置正视图。

[0014] 图2是本发明装置俯视图。

[0015] 图中的标号示意为:主模型箱1;副模型箱2;储水箱3;抽水系统4;第一有机玻璃视窗5;第二有机玻璃视窗6;侧壁7;连通管8;阀门9;第一反滤装置10;第三有机玻璃视窗11;单向排气阀12;进气管13;出水管14;第二反滤装置15;管井16;变频水泵17;导水管18;开孔段19;滤料20;控制线22;单向阀23;模拟土24;静水位25;动水位26。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细说明。这些实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制。

[0017] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“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”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0018] 在本发明的描述中，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，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0019] 此外，在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

[0020] 如图1和图2所示，一种用于离心模型试验的地下水管井抽水模拟装置，包括主模型箱1和位于主模型箱1两侧对撑布置的副模型箱2，副模型箱2上方分别安装有储水箱3，在主模型箱1内部及上方安装有抽水系统4。副模型箱2可以为一个，也可以为多个，图1和图2所示仅为本实施例的举例。主模型箱1的作用为模拟管井抽水过程中，水位变化和土体的变形。副模型箱2和储水箱3的作用为：用于控制主模型箱1内边界水位、水缓存和实现离心场中水循环。边界水位是指模拟土24在主模型箱1的侧壁7位置的水位。

[0021] 主模型箱1一侧为有可视观察窗，如图1所示的第一有机玻璃视窗5，其余侧为铝合金，顶部开口。副模型箱2一侧为有可视观察窗，如图1所示的第二有机玻璃视窗6，其余侧为铝合金，顶部可开口。主模型箱1和副模型箱2为一体，共用侧壁7，通过设置在底部间隔布置的数连通管8连通，连通管8带有阀门9，连通管8通向主模型箱1一侧设置有第一反滤装置10。第一反滤装置10的作用为防止模拟土24进入副模型箱2。

[0022] 储水箱3安装于副模型箱2上方，储水箱3一侧为可视观察窗，如图1所示的第三有机玻璃视窗11，其余五侧为铝合金，顶部安装有单向排气阀12，储水箱3底部开孔安装进气管13和出水管14，进气管13和出水管14位于储水箱3处设置第二反滤装置15。第二反滤装置15的作用为防止抽水系统4带入模拟土24经过储水箱3后进入副模型箱2。进气管13和出水管14分别插入副模型箱2内。进气管13的高度可根据静水位25的设计值确定，管口与静水位25在同一高度。储水箱3的顶部安装有单向排气阀12，单向排气阀12的排气方向是从储水箱3向外排气，在变频水泵17把模拟地下水从主模型箱1抽出后通过导水管18排入封闭的储水箱3时可以往外排气，这样水才能进入。

[0023] 抽水系统4包括管井16、变频水泵17、导水管18。管井16插入主模型箱1内。管井16下方为开孔段19，内部填滤料20。变频水泵17的控制线22连接至离心机的滑环，导水管18上安装有单向阀23，导水管18的一端连接管井16，另一端插入储水箱3。单向阀23控制水的流向为从主模型箱1至储水箱3，防止变频水泵17关闭后，水倒流回主模型箱1对试验造成影响。滤料20的作用为防止模拟土24被抽入抽水系统4。

[0024] 本发明的工作原理是：首先在1g条件下完成主模型箱1内填模拟土24，并在主模型箱1和副模型箱2中注入染色的模拟地下水至静水位25，按试验设计安装抽水系统4和储水箱3，变频水泵17的控制线22通过离心机滑环接入离心场外的控制室。。试验开始后，开启离心机加速至试验设计离心加速度，控制室内启动变频水泵17，通过调整变频水泵17功率控制动水位，由抽水系统4抽出的水经导水管18进入储水箱3暂存，因单向排气阀12的存在，可实现储水箱3的进水，此时主模型箱1中的水位变为动水位26，可以由配套的离心场中图像采集装置采集水位和土体变形过程。当副模型箱2中的水位低于静水位25时，进气管13出口

暴露在空气中进气，出水管14由储水箱3向副模型箱2排水直至静水位25，进气管13出口被水遮蔽，出水管14停止出水。主模型箱1和副模型箱2直接通过底部的间隔布置的连通管8形成连通器，实现主模型箱1边界水位同样保持在静水位25；即侧壁7处模拟土的水位保持在静水位25。连通管8的主模型箱1一侧布置的第一反滤装置10防止主模型箱1中的模拟土24进入副模型箱2，储水箱3中的第二反滤装置15防止抽水系统4抽水带出的模拟土24进入副模型箱2。各降水模拟装置的变频水泵17均独立控制，可根据需要方便控制各模拟降水井流量。通过关闭连通管8的阀门9，也可模拟隔水帷幕隔断含水层情况下的基坑内降水过程。

[0025] 基于上述装置及工作原理，本发明的实验方法为：

步骤一：试验开始后前，在1g条件下，主模型箱1内填所述模拟土24；并在主模型箱1和副模型箱2中注入染色的模拟地下水至静水位25；进气管13的高度调整至所述静水位25，出水管14插入所述副模型箱2的底部；打开单向排气阀12和单向阀23。

[0026] 步骤二：试验开始后，开启离心机加速至试验设计离心加速度，启动变频水泵17，通过调整变频水泵17的功率控制动水位26，由管井16抽出的水经导水管18进入储水箱3暂存，此时主模型箱1中的水位变为动水位26，由配套的离心场中图像采集设备通过可视观察窗采集动水位26和土体变形过程。

[0027] 在上述过程中，当所述副模型箱2中水位低于静水位25时，副模型箱2中的空气经过所述进气管13进入所述储水箱3；储水箱3中的水经过出水管14进入副模型箱2直至所述副模型箱2中液面上升遮盖住进气管13的口；出水管14停止出水，维持副模型箱2中液面保持在静水位25。单向排气阀12和单向阀23应该始终处于打开的状态。

[0028] 当连通管8带有阀门9时，在上述步骤一中，可根据试验模拟工况需要打开或关闭阀门9。开启阀门9为模拟敞开式抽水过程。关闭阀门9也可模拟隔水帷幕隔断含水层情况下的基坑内抽水过程，阀门9关闭情况下，副模型箱2水位不下降，储水箱3中的水也不会补给副模型箱2。

[0029] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明技术原理的前提下，还可以做出若干改进和替换，这些改进和替换也应视为本发明的保护范围。

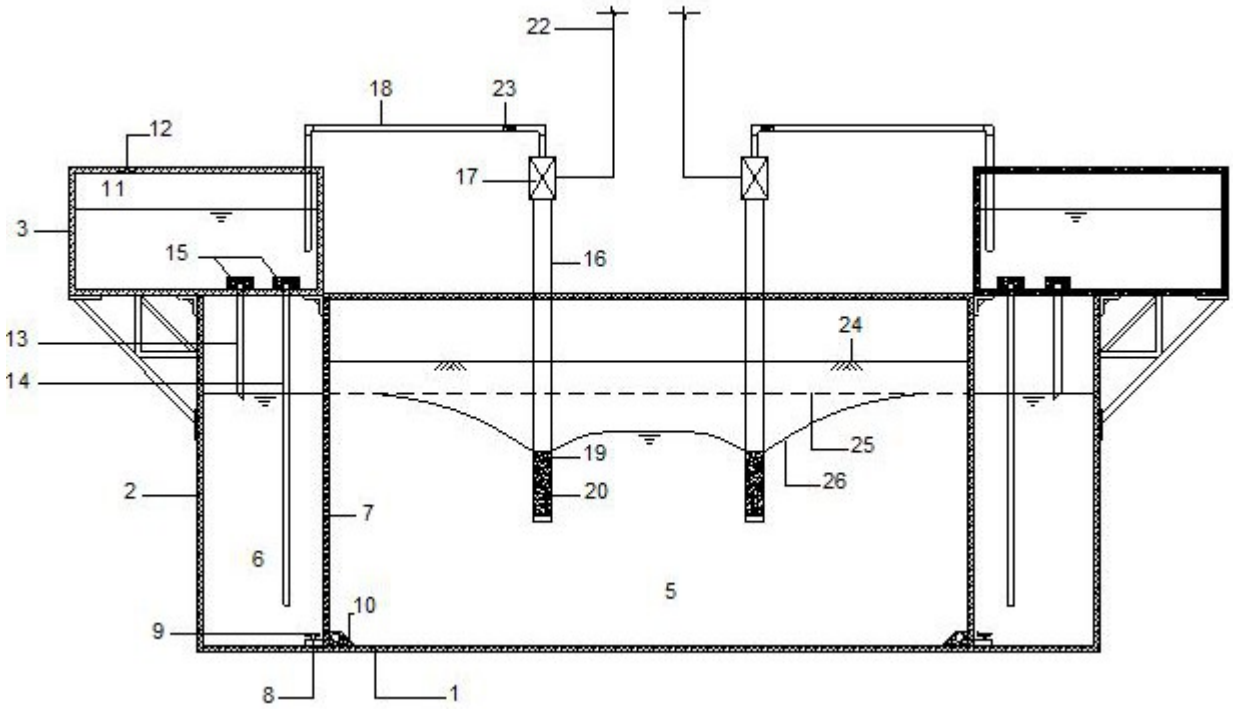

22
18
23
12
11
17
3
15
16
13
24
14
19
25
26
2
20
7
6
5
10
9
8
1

图1

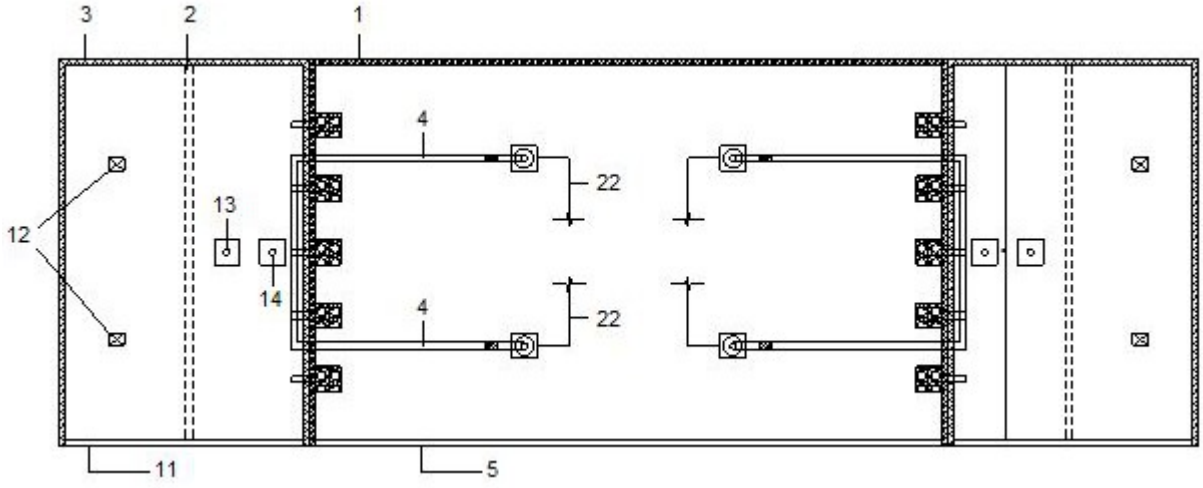

3
2
1
4
22
13
12
14
4
22
11
5

图2