



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107975678 A

(43)申请公布日 2018.05.01

(21)申请号 201711200954.7

(22)申请日 2017.11.27

(71)申请人 中国水利水电科学研究院

地址 100038 北京市海淀区玉渊潭南路1号  
D座4层401

(72)发明人 付辉 郭新蕾 刘之平 马超猛  
马慧敏 崔海涛 王涛 郭永鑫  
杨开林 李甲振 黄伟

(74)专利代理机构 北京国林贸知识产权代理有  
限公司 11001

代理人 李富华 李桂玲

(51)Int. Cl.

F17D 5/02(2006.01)

G01S 13/88(2006.01)

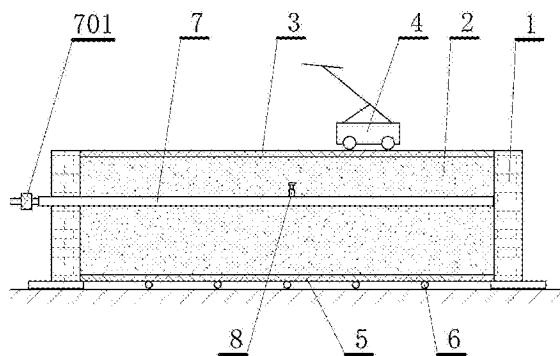
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种实验室管道漏损雷达检测试验装置和方法

(57)摘要

本发明涉及一种实验室管道漏损雷达检测试验装置和方法,包括:试验槽,试验槽中填埋实验填料,盖板,排水垫层,导水管,与自来水管网连接的模拟自来水管,模拟自来水管上位于试验槽中心的位置设置一个模拟泄露点,模拟泄露点上设有消能流量调节机构。本发明通过设置试验槽和其中的模拟水管,以及具有消能流量调节机构的模拟泄露点,形成了与真实泄露点十分相似的模拟泄露过程,并利用排水垫层模拟野外原型无限边界条件下的水体下渗过程,达到了模拟真实自来水管网泄露的模拟状态,能够在实验室中进行野外的模拟实验。通过这个实验装置和方法能够达到十分精确的雷达探测数据,对雷达探测自来水管网的相关研究和分析工作具有重要意义。



1. 一种实验室管道漏损雷达检测试验装置,其特征在于,包括:地面上围墙围护形成的试验槽,所述的试验槽中填埋实验填料,所述的实验填料的顶部设置模拟地面的盖板,所述的盖板上画有雷达小车沿线测量的网格测线,所述的试验槽底部设有模拟深处土层的排水垫层,所述的围墙四周底部设置将排水垫层中的水体导出试验槽的导水管,所述的实验槽中心部位贯穿设置一根带有流量传感器并与自来水管网连接的模拟自来水管,所述的模拟自来水管上位于试验槽中心的位置设置一个模拟泄露点,所述的模拟泄漏点上设有消能流量调节机构。

2. 根据权利要求1所述的实验装置,其特征在于,所述的围墙上设有装填和卸出实验填料的侧门。

3. 根据权利要求2所述的实验装置,其特征在于,所述的填料是干燥的沙土、泥土、带有砖块碎石的混合土中出一种。

4. 根据权利要求3所述的实验装置,其特征在于,所述的盖板是木质板。

5. 根据权利要求4所述的实验装置,其特征在于,所述的网格测线用纵横标号标出各个网格交叉点的号码,形成交叉点矩阵。

6. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述的排水垫层包括孔板,所述的孔板下部为格架支撑的流水空间。

7. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述的模拟自来水管设有进水阀和放气阀,并设有调整模拟泄漏点泄露方向的指向机构。

8. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述的流量传感器是通用水表。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述的消能流量调节机构包括:在所述模拟水管上设置的泄露孔,所述的泄露孔上设有尖头调节螺栓,所述的泄露孔和尖头螺栓周围设置两层带有消能孔的消能壳。

10. 一种使用权利要求9所述装置的实验室管道漏损雷达检测试验方法,其特征在于,所述方法的步骤如下:

设置泄漏点指向的步骤:通过指向机构将模拟水管周向旋转,达到实验所要求的泄漏点位置;

调节泄露量的步骤:根据实验需要调整消能流量调节机构,到达实验所需要的泄露量;

填埋实验填料的步骤:选择干燥的沙土,或者泥土,或者沙土、泥土和碎石、碎砖瓦的混合泥土,均匀的填埋在实验槽中,根据实验需要压实实验填料,并实验填料上盖上盖板;

雷达参数设置的步骤:将雷达小车放置在模拟地面的盖板上,根据实验需要设置雷达参数,包括:测距轮触发点距、时窗、采样点数和介电常数;

预测试的步骤:使用雷达小车沿测试网格在模拟地面上往复行走,经过所有网格交叉点,以网格交叉点为采样节点进行雷达探测采样,取得原始参数采样矩阵;

加压的步骤:打开进水阀和放气阀,向模拟水管中注水,并将模拟水管中的空气压出,压力稳定后通过水表记录泄漏量;

测试的步骤:如同预测试,使用雷达小车在模拟地面上多次往复行走,记录每一次行走的采样矩阵;

分析的步骤:对获取的各个参数进行分析,根据实验需要进行计算。

## 一种实验室管道漏损雷达检测试验装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种实验室管道漏损雷达检测试验装置和方法,是一种测试实验装置和方法,是一种研究漏损管道的测试实验装置和方法,是一种研究漏损管道的雷达检测理论和技术的研究和发展装置和方法。

### 背景技术

[0002] 目前管道漏损的检测方法有水听器、噪音记录、压力波动、雷达检测等,但是由于供水管道埋在路面以下,且纵横交错,造成漏损位置难以发现和探测。由于雷达检测属于非接触式无损测量,使用便捷,成本低,是目前管道漏损检测的重点研究方向之一,但是受制于技术的发展,现有的供水管网漏损雷达检测的方法和理论均尚不成熟,漏损检测准确率低,没有相应的实验室模拟装置开展相关的理论研究和分析工作,阻碍了该方面研究的发展。

### 发明内容

[0003] 为了克服现有技术的问题,本发明提出了一种实验室管道漏损雷达检测试验装置和方法。所述的装置和方法为实验和研究管道漏损雷达检测提供了设备和实验的方法,能够有效的提高实验效率和减少实验成本。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:一种实验室管道漏损雷达检测试验装置,包括:地面上围墙围护形成的试验槽,所述的试验槽中填埋实验填料,所述的实验填料的顶部设置模拟地面的盖板,所述的盖板上画有雷达小车沿线测量的网格测线,所述的试验槽底部设有模拟深处土层的排水垫层,所述的围墙四周底部设置将排水垫层中的水体导出试验槽的导水管,所述的实验槽中心部位贯穿设置一根带有流量传感器并与自来水管网连接的模拟自来水管,所述的模拟自来水管上位于试验槽中心的位置设置一个模拟泄露点,所述的模拟泄露点上设有消能流量调节机构。

[0005] 进一步的,所述的围墙上设有装填和卸出实验填料的侧门。

[0006] 进一步的,所述的填料是干燥的沙土、泥土、带有砖块碎石的混合土中出一种。

[0007] 进一步的,所述的盖板是木质板。

[0008] 进一步的,所述的网格测线用纵横标号标出各个网格交叉点的号码,形成交叉点矩阵。

[0009] 进一步的,所述的排水垫层包括孔板,所述的孔板下部为格架支撑的流水空间。

[0010] 进一步的,所述的模拟自来水管设有进水阀和放气阀,并设有调整模拟泄露点泄露方向的指向机构。

[0011] 进一步的,所述的流量传感器是通用水表。

[0012] 进一步的,所述的消能流量调节机构包括:在所述模拟水管上设置的泄露孔,所述的泄露孔上设有尖头调节螺栓,所述的泄露孔和尖头螺栓周围设置两层带有消能孔的消能壳。

[0013] 一种使用上述装置的实验室管道漏损雷达检测试验方法,所述方法的步骤如下:

设置泄漏点指向的步骤:通过指向机构将模拟水管周向旋转,达到实验所要求的泄漏点位置;

调节泄露量的步骤:根据实验需要调整消能流量调节机构,到达实验所需要的泄露量;

填埋实验填料的步骤:选择干燥的沙土,或者泥土,或者沙土、泥土和碎石、碎砖瓦的混合泥土,均匀的填埋在实验槽中,根据实验需要压实实验填料,并实验填料上盖上盖板;

雷达参数设置的步骤:将雷达小车放置在模拟地面的盖板上,根据实验需要设置雷达参数,包括:测距轮触发点距、时窗、采样点数和介电常数;

预测试的步骤:使用雷达小车沿测试网格在模拟地面上往复行走,经过所有网格交叉点,以网格交叉点为采样节点进行雷达探测采样,取得原始参数采样矩阵;

加压的步骤:打开进水阀和放气阀,向模拟水管中注水,并将模拟水管中的空气压出,压力稳定后通过水表记录泄漏量;

测试的步骤:如同预测试,使用雷达小车在模拟地面上多次往复行走,记录每一次行走的采样矩阵;

分析的步骤:对获取的各个参数进行分析,根据实验需要进行计算。

[0014] 本发明产生的有益效果是:本发明通过设置试验槽和其中的模拟水管,以及具有消能流量调节机构的模拟泄漏点,形成了与真实泄漏点十分相似的模拟泄露过程,并利用排水垫层模拟野外原型无限边界条件下的水体下渗过程,达到了模拟真实自来水管网泄露的模拟状态,能够在实验室中进行野外的模拟实验。通过这个实验装置和方法能够达到十分精确的雷达探测数据,对雷达探测自来水管网的相关研究和分析工作具有重要意义。

## 附图说明

[0015] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0016] 图1是本发明的实施例一所述装置的结构示意图;

图2是本发明的实施例二所述装置的挡土板位置示意图;

图3是本发明的实施例六所述的排水垫层的结构示意图;

图4是本发明的实施例七所述的模拟水管结构示意图;

图5是本发明的实施例九所述的消能流量调节机构的结构示意图;

图6是本发明的实施例九所述的消能流量调节机构的内部流态示意图。

## 具体实施方式

[0017] 实施例一:

本实施例是一种实验室管道漏损雷达检测试验装置,如同1所示。本实施例包括:地面上围墙1围护形成的试验槽,所述的试验槽中填埋实验填料2,所述的实验填料的顶部设置模拟地面的盖板3,所述的盖板上画有雷达小车4沿线测量的网格测线,所述的试验槽底部设有模拟深处土层的排水垫层5,所述的围墙四周底部设置将排水垫层中的水体导出试验槽的导水管6,所述的实验槽中心部位贯穿设置一根带有流量传感器701并与自来水管网连接的模拟自来水管7,所述的模拟自来水管上位于试验槽中心的位置设置一个模拟泄露点8,所述的模拟泄漏点上设有消能流量调节机构。

[0018] 由于供水管网压力在0.7-1.0MPa,压力较大,当城市管网的漏损较大时,水体很容易溢出地面,这种情况比较容易发现和处理。漏损严重且不易发现的是较小的渗漏,本实施例就是为了模拟供水管网的渗漏,为研究通过雷达探测渗漏点提供模拟实验环境。尽管本实施例是针对雷达探测的模拟实验,但所提供的模拟泄露环境也可以应用到其他泄露探测中。

[0019] 雷达探测泄露的原理为:泄露到泥土中的水能够使泄漏点周围的泥土等固体物质变得湿润,与周围干燥的泥土形成“湿润-干燥”(有水 and 无水)界面,这个界面在雷达上可以形成回波,通过记录和分析这类回波,即可以找到泄漏点。

[0020] 本实施例所述的围墙可以使用砖块、水泥在地面上堆砌而成,围护的平面截面形状可以是正方形、矩形、圆形等。在围墙上设置一个或两个缺口,使用木板或其他板材作为挡板挡在缺口上构成侧门,以便在围墙中装填和卸出实验填料。

[0021] 实验填料则是根据实验需要选择干燥的沙土、泥土或者混合土,以模拟城市实际的表层土层。其混合土可以带有砖块、碎石、泥沙、泥土等各种混杂的物质混合在一起,以形成比较复杂的土层,进行模拟实验。

[0022] 为模拟地面表层,本实施例在泥土上还设置了盖板,盖板可以是木质板,也可以是其他板材,如塑料板、胶合板等非金属材料,还可以使用地砖等材料。为获取准确的探测点位置信息,在盖板上还需要刻出测量线,以便雷达小车按照测量线精确运动,以达到测量精确的数据。测量线可以按照直角坐标的形式刻画,也可以按照极坐标形式刻画,或者按照其他形式刻画,刻画的方式以试验数据获取更加方便为准。

[0023] 在试验槽的底部为排水垫层用于模拟野外原型无限边界条件下的水体下渗过程。实验室管道漏损雷达研究的一个基本条件是能够准确再现管网野外原型情况下的漏损特点。野外真实的供水支管管网一般埋深在0.5m,管道覆盖介质根据区域不同可为沙土、粘土、壤土等多种性质,不同性质的覆盖层介质渗排水特性不同,且真实环境中覆盖层介质厚度很大,可以看作为无限边界条件,管道漏损发生以后水体可以无限下渗,上述两种要素会导致土壤下渗时的干湿分界面存在差别,在雷达漏损检测时反应为雷达回波图像的变化。而实验室以室内试验为基础开展基础理论研究,从科学研究的基本路线和试验操作上可以做到更换不同性质的覆盖层介质,但是很难实现无限下渗的边界条件(现有的实验室模拟方法均未实现)。为克服实验室管道漏损雷达检测的上述缺点,使得实验室的研究成果能够更好地应用于野外现场情况,本实施例巧妙地采用排水垫层,并配合排水管的型式解决了无限下渗边界条件的实验室模拟问题。

[0024] 排水垫层可以采用一层允许水通过但不允许固体物质通过的隔层,使泄露在土壤中的水在实验槽的底部与泥土分离,并能够聚集后排出,避免泄露的水滞留在土壤中,破坏泄露所形成的有水与无水土壤的界面,使实验无法进行。隔层可以采用孔板、丝网等能够阻止泥土散失但能够使水通过的材料,隔层的下方可以采用网格支撑架的方式设置流水空间,使从实验填料中渗出的水能够在流水空间中聚集为水体,并通过引流管排出试验槽。

[0025] 为模拟泄露点,本实施例设置模拟水管。模拟水管直接与自来水管网连接,以获得真实的水压。在模拟自来水管设有进水阀,以便控制水流进入模拟水管,并控制进入模拟水管的水量。在模拟水管上还要设置放气阀,以便在水进入空管时,将空管中的空气排出,使水完全充满模拟水管。在模拟水管上还应当设置流量传感器,以便对泄漏量进行观察和控

制。流量传感器可以采用普通的水表或其他电子或机械流量传感器。

[0026] 由于泄漏点设置在水管圆周上,在工作时只能向一个方向泄露,但在实际中,泄漏点不可能只在一个方向,而可能出现在水管360度圆周上的任何一点,为此,可以在模拟水管上设置一个专门用于将水管绕中心轴线旋转的机构,使模拟水管上的模拟泄漏点能够指向360度的任何位置,以便模拟泄漏点在360度上的任何泄漏点。这个指向机构可以采用多种形式,如在水管上设置一个中心转轴线与模拟水管中心线共线的手轮,搬动手轮就可以调整泄漏点在任何位置。也可以简单的将模拟水管一端弯曲90度,搬动90度弯曲部分的模拟水管,就可以很方便的让模拟水管的主体绕中心轴旋转到任何一个角度,也就是让模拟泄露点旋转到任何一个角度。

[0027] 模拟水管上设置的泄漏点应当具有至少两个功能,一个是能够使水从模拟水管中流出来,流量不能太大,而且还应当能够调节。第二个功能是:使流出的水不能有太大的冲击力,以避免对周围土层发生冲击,更好的模拟现实的情况。为此,本实施例在泄漏点上设置了消能流量调节机构。这个机构可以有多种形式,如采用一个小型的阀门,外罩消能罩等方式,或者简单的在模拟水管上打孔,在孔的周围设置消能罩,并安装尖头调节螺柱,形成实用的消能流量调节机构。

[0028] 实施例二:

本实施例是实施例一的改进,是实施例一关于围墙的细化。本实施例所述的围墙上设有装填和卸出实验填料的侧门,如图2所示。为了便于观察,图2中仅画出了围墙、挡土板和导流管,以及带有弯头的模拟水管,没有画出盖板、实验填料等。

[0029] 侧门可以有多种形式,图2所述的是围墙上相对的位置设置两个缺口,在缺口上简单的设置挡土板101,形成侧门。装填和卸出实验填料时将挡土板撤离,就可以十分方便的运输实验填料。还可以将模拟水管进入试验槽的过孔设置在挡土板上,如图2所示,使模拟水管的安装更加简单方便。

[0030] 实施例三:

本实施例是上述实施例的改进,是上述实施例关于实验填料的细化。本实施例所述的实验填料是干燥的沙土、泥土、带有砖块碎石的混合土中出一种。

[0031] 所述的干燥实验填料,应当干湿程度相对一致的泥沙等材料。

[0032] 实施例四:

本实施例是上述实施例的改进,是上述实施例关于盖板的细化。本实施例所述的盖板是木质板。

[0033] 为了保证雷达测量真实性以及实验室测量的需要,填料填充后需在表面铺设木板,用以模拟真实的公路路面。

[0034] 使用木板作为盖板,主要是材料容易得到,成本较低,并且能够很好的模拟一般的地面,同时也比较容易在上面划线,形成网格测线。

[0035] 实施例五:

本实施例是上述实施例的改进,是上述实施例关于网格测线的细化。本实施例所述的网格测线用纵横标号标出各个网格交叉点的号码,形成交叉点矩阵。

[0036] 本实施例所述的网格测线的各个交叉点使用数字进行编号,形成类似矩阵的秩,纵横编号,以便识别雷达小车行走的位置。测线可在木板上进行标记,以间隔15cm左右设置

测线为宜,如果有特殊需要可对测线进行加密。

[0037] 实施例六:

本实施例是上述实施例的改进,是上述实施例关于排水垫层的细化。本实施例所述的排水垫层包括孔板501,所述的孔板下部为格架502支撑的流水空间503,如图3所示。

[0038] 所述的拍摄垫层则是一层孔板和一层流水空间,流水空间可以使用格架支撑孔板,使孔板与试验槽底面之间留出一定的水流空间,流水空间四周是导水管,将水流导出。格架采用纵横交叉的木条,用木条支撑孔板。

[0039] 具体设置如下,在试验槽的底部布置悬空的透水垫层,垫层由采用木板、混凝土板等材料制作;垫层内部间隔20cm开槽,当水体由渗漏点流出后到达透水垫层时即可沿槽向四周排水;透水垫层采用梁支撑,悬空高度5cm,这样排出的水体可迅速由透水垫层跌落至试验槽底部,再经由四周的导水孔排出至试验槽外,从而避免水体聚集在试验槽内影响干湿分界面形态,进而影响到研究的准确性和可靠性。

[0040] 实施例七:

本实施例是上述实施例的改进,是上述实施例关于模拟自来水管的细化。本实施例所述的模拟自来水管设有进水阀702和放气阀703,并设有调整模拟泄漏点泄露方向的指向机构704,如图4所示。

[0041] 进水阀的作用,即可以控制水进入模拟水管,也可以作为控制流动的阀门。放气阀的作用是在水流开始进入空模拟水管时,将空气排出模拟水管。

[0042] 所述的指向机构的作用是确定泄漏点在模拟水管外圆周上的位置,例如:垂直向上,或者垂直向下,或者左、或者右90度,以模拟泄漏点在水管外圆周面上的位置。

[0043] 图4中的指向机构实际只是简单的一个90度水管弯头,这个弯头的指向与泄漏点的位置一致,因此,可以搬动弯头的角度,而确定泄漏点的位置。简单、实用。

[0044] 实施例八:

本实施例是上述实施例的改进,是上述实施例关于流量传感器的细化。本实施例所述的流量传感器是通用水表。

[0045] 通用水表就是一般家庭使用的计量水费的水表。这种水表精度虽然不高,但已完全可以满足实验的要求,而且成本低廉。

[0046] 实施例九:

本实施例是上述实施例的改进,是上述实施例关于消能流量调节机构的细化。本实施例所述的消能流量调节机构包括:在所述模拟水管上设置的泄露孔801,所述的泄露孔上设有尖头调节螺栓802,所述的泄露孔和尖头螺栓周围设置两层带有消能孔803的消能壳804、805,如图5所示。里面的一层消能壳形成第一消能柱,外面的一层消能壳形成第二消能柱。

[0047] 由于供水管网压力在0.7-1.0MPa,压力较大,当城市管网的漏损较大时,水体很容易溢出地面,这种情况比较容易发现和处理。目前占漏损总量绝大多数的是不易发现的较小的渗漏。即使在小渗漏量条件下,不同的渗漏量引起的干湿交界面不同,也会对雷达漏损测量时的回波图像造成影响,因此实验室研究还需考虑到小渗漏量条件下不同渗漏量大小的模拟。为此,提出了用于模拟上述工况的消能和流量调节机构。该机构如下所示,由尖头螺栓和双层消能柱组成,安装位置位于泄漏点的上方。尖头螺栓通过在双层消能柱上设置的丝扣上下移动来调节泄漏量,其原理是在管道压力一定的情况下,通过控制泄漏点的过

流面积来控制泄流量。双层消能柱用于水体泄漏时的消能,避免水体的喷射,模拟管道小渗漏工况下的泄漏现象,其原理是水体由泄漏点流出后先进入第一消能柱,由于消能柱采用部分开孔结构,因此水体在消能柱中会形成顺时针和逆时针的多个旋滚漩涡,通过水体旋滚消能,然后经过第一消能柱上的开孔流出到第二消能柱,进而再经过上述的消能过程(消能水流的流态如图6所示)。经过两次消能后可避免水体喷射,呈自然状态流出,进而使得试验结果符合原型情况。

[0048] 消能壳可用钢管等材料,四周交错布置消能孔(消能孔数量在12-18个为宜),用于消散自来水的压力,模拟最为常见的小渗漏情况。尖头螺栓正对漏损孔,可通过丝扣上下移动,用于调节流量,当尖头螺栓运行到底部时可减小漏损孔的漏水面积A,降低渗流量,当尖头螺栓运行到上部时可增大漏损孔的漏水面积A,增大渗流量。

[0049] 渗流量的大小可通过能量方程计算,具体方法如下:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_w$$

式中z为位置水头,P为压强水头,V为流速水头, $h_w$ 为水头损失,g为重力加速度 $\gamma$ 为水体的容重。

[0050] 则泄漏孔的泄漏流速为

$$V_2 = \sqrt{2g \left( z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} - z_2 - \frac{P_2}{\gamma} - h_w \right)}$$

由于管道前后断面的位置水头相等,因此 $z_1 = z_2$ ;漏损孔处的压力为大气压, $P_2 = 0$ ;又小渗漏情况下漏损孔的面积相对于管网的断面面积可忽略,即 $\frac{V_1^2}{2g} \approx 0$ 。为此上式可变为

$$V_2 = \sqrt{2g \left( \frac{P_1}{\gamma} - h_w \right)}$$

将漏损孔的漏水面积即为A

则漏水流量Q为

$$Q = \sqrt{2g \left( \frac{P_1}{\gamma} - h_w \right)} A$$

式中 $P_1$ 为管道中的水压力。

[0051] 实施例十:

本实施例是一种使用上述装置的实验室管道漏损雷达检测试验方法,所述方法的步骤如下:

设置泄漏点指向的步骤:通过指向机构将模拟水管周向旋转,达到实验所要求的泄漏点位置。由于泄漏点上设置有消能流量调节机构,这个机构突出在模拟水管的外圆上,土层将模拟水管掩埋后,由于土层的阻力,再旋转模拟水管就比较困难,而实验的过程通常在之前就确定好了泄漏点的指向,因此,最好在填埋实验填料之前就调节好泄漏点的指向,至少应当在将要把泄漏点埋入之前,就应当调节好泄漏点的指向。泄漏点的指向是指泄漏点与



垂线的夹角,以泄漏点垂直向上为零度,顺时针旋转,90度时与垂线垂直,垂直向下为180度,其他角度以此类推。

[0052] 调节泄露量的步骤:根据实验需要调整消能流量调节机构,到达实验所需要的泄露量。由于泄漏点被埋在实验填料中,一旦埋入就无法调节泄露量,因此,需要在埋入前调整好泄露量。泄露量由实验的需要确定。

[0053] 填埋实验填料的步骤:选择干燥的沙土,或者泥土,或者沙土、泥土和碎石、碎砖瓦的混合泥土,均匀的填埋在实验槽中,根据实验需要压实实验填料,并实验填料上盖上盖板。实验填料应当比较干燥,以便形成“干燥-湿润”界面,使雷达能够探测到。实验填料应当夯实,以便模拟真实的地面状况。

[0054] 雷达参数设置的步骤:将雷达小车放置在模拟地面的盖板上,根据实验需要设置雷达参数,包括:测距轮触发点距、时窗、采样点数和介电常数。雷达参数设置主要包括测距轮触发点距、时窗、采样点数和介电常数。

[0055] 1)时窗:

时窗的选择主要取决于最大探测深度与介质中电磁波速度。根据400MHz天线的探测性能,一般选50ns时窗。

[0056] 2)采样点数:

采样点数的选择直接影响到波形采集的质量。时窗一定时,采样点数太小,波形将会发生削波现象,甚至严重畸变;而采样点数太大,数据采集的效率将会降低。一般情况下,天线频率越高,采样间隔选取越小。对于400MHz天线,采样点数一般选512点。

[0057] 预测试的步骤:使用雷达小车沿测试网格在模拟地面上往复行走,经过所有网格交叉点,以网格交叉点为采样节点进行雷达探测采样,取得原始参数采样矩阵。本步骤主要是采集完全干燥实验填料的情况下的雷达探测参数,以便在之后的实验中进行比较。

[0058] 加压的步骤:打开进水阀和放气阀,向模拟水管中注水,并将模拟水管中的空气压出,压力稳定后通过水表记录泄露量。加压就是将自来水管网的水注入到模拟水管中,并使模拟水管中的水压达到自来水管网的压力。在加压时应当注意排出模拟水管中的空气,避免空气的存在影响实验数据的准确。

[0059] 测试的步骤:如同预测试,使用雷达小车在模拟地面上多次往复行走,记录每一次行走的采样矩阵。雷达小车沿测量网格形状,形成所谓一笔画式的路线,尽量减少重复,以便提高检测的效率。由于测试需要不断的进行,因此,雷达小车要一遍遍的在网格上行走,通过每一个网格点都要进行记录,以获得精确的实验数据。

[0060] 分析的步骤:对获取的各个参数进行分析,根据实验需要进行计算。

[0061] 最后应说明的是,以上仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳布置方案对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案(比如装置的形状、测量的具体方式、所应用的公式、步骤的先后顺序等)进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围。

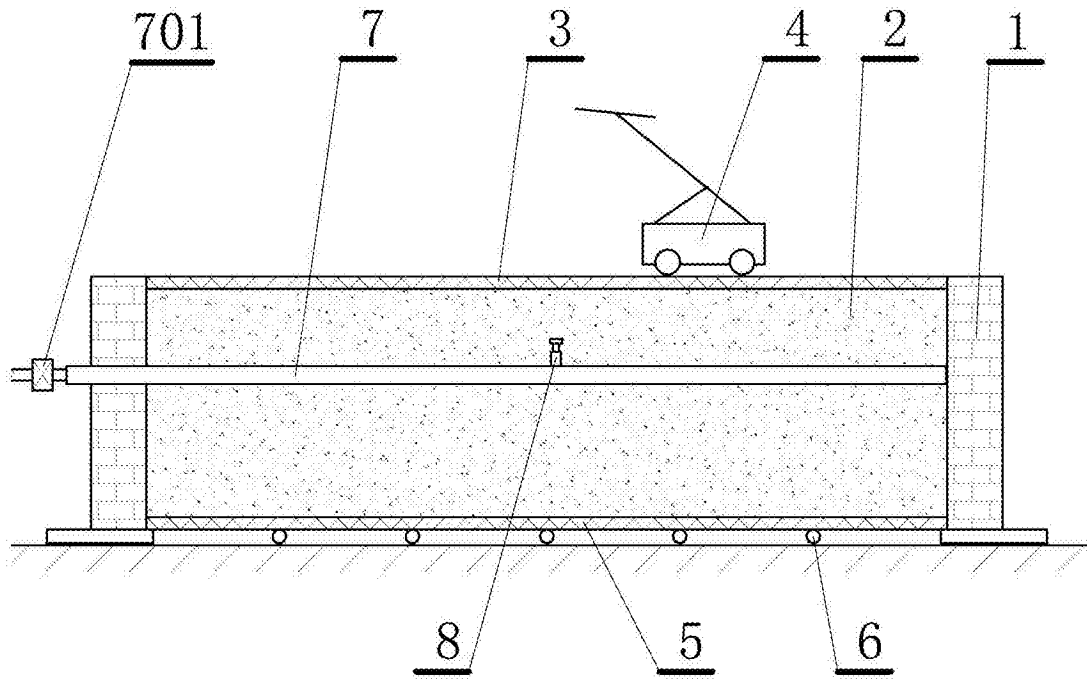


图1

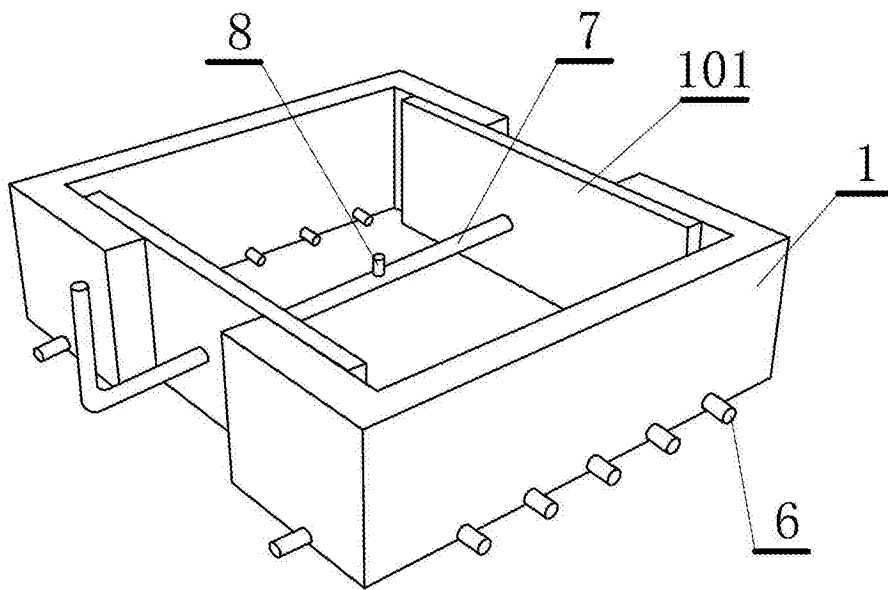


图2

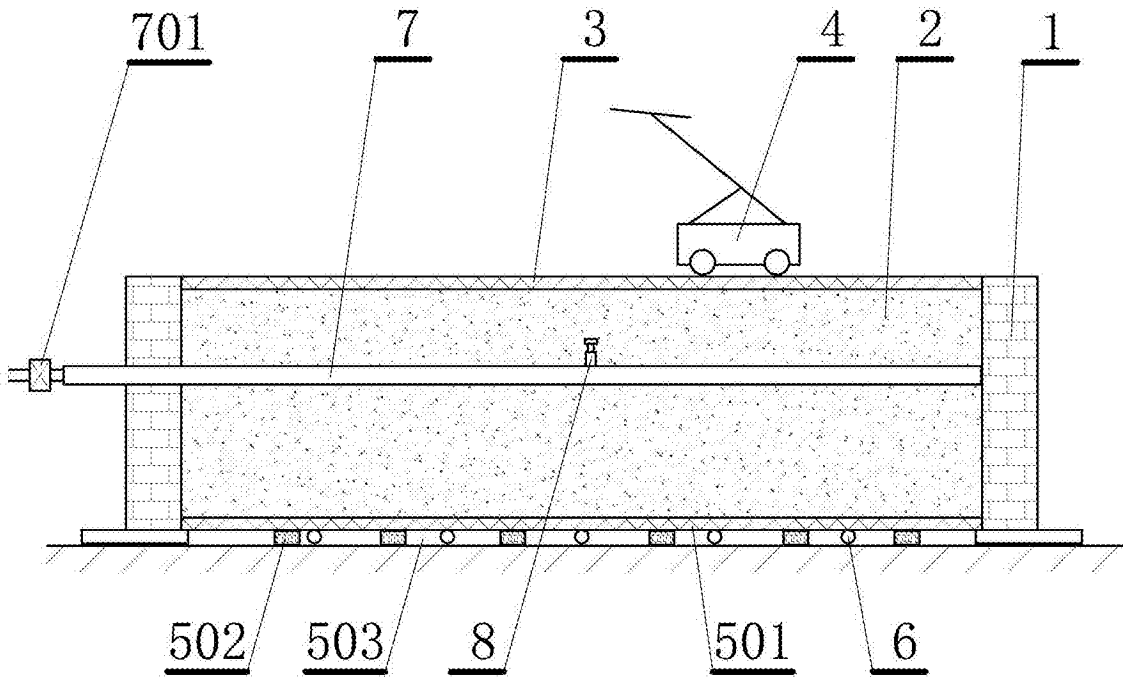


图3

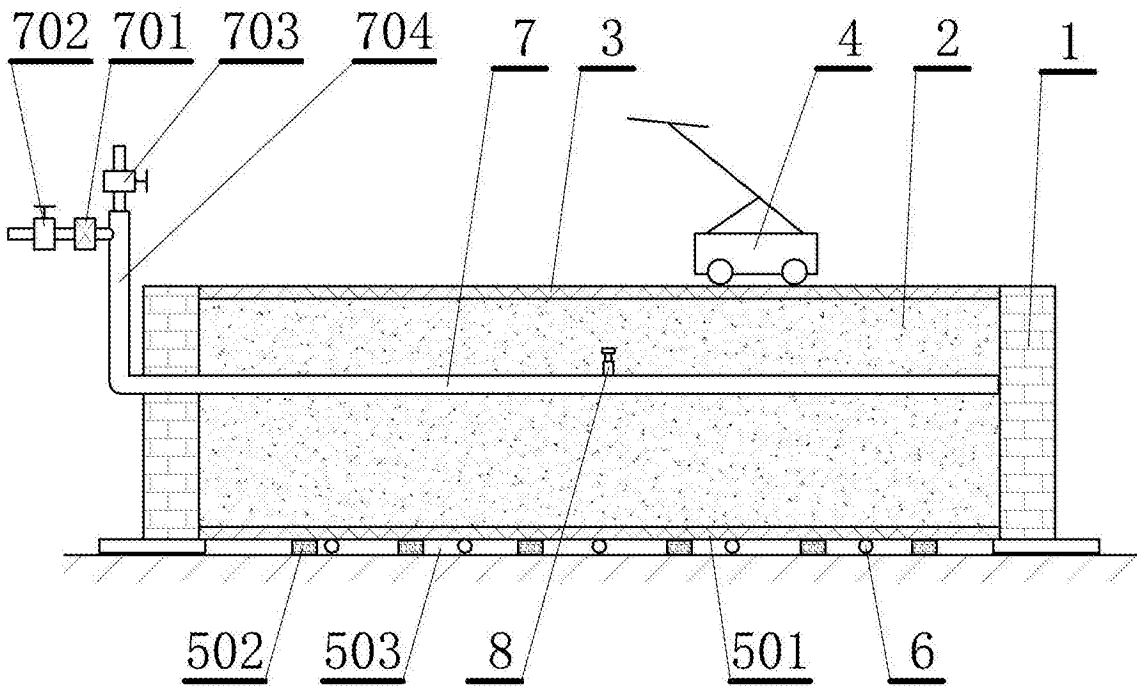


图4

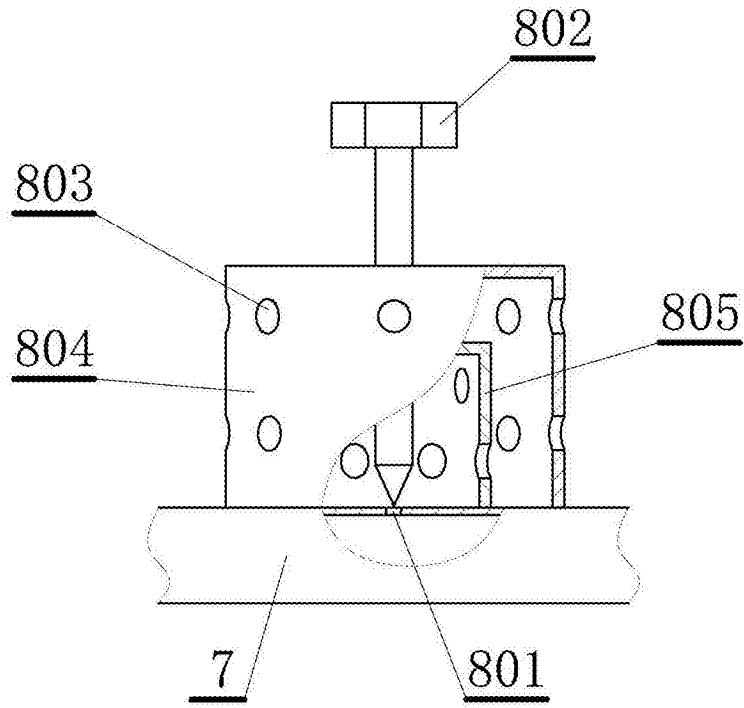


图5

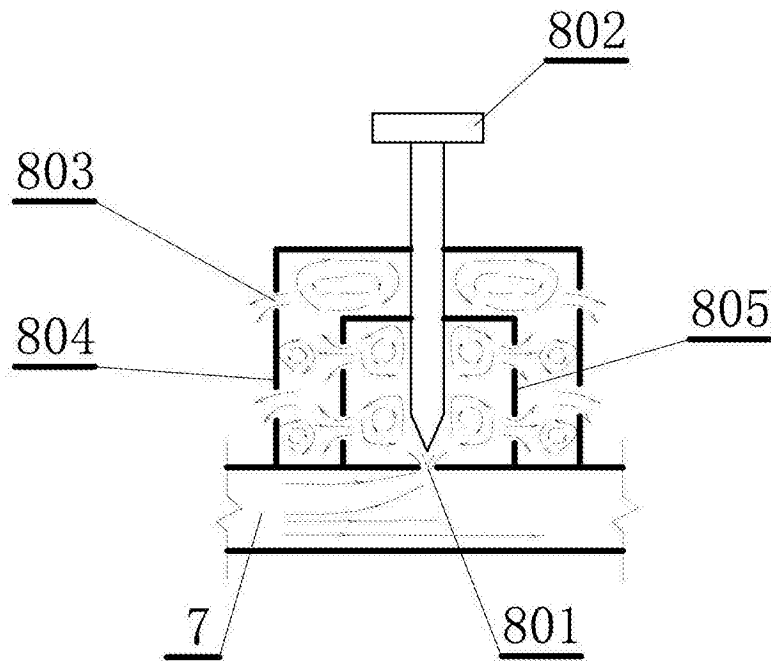


图6