

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2018 年 6 月 21 日 (21.06.2018)



(10) 国际公布号  
**WO 2018/107920 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
**G01N 27/04** (2006.01) **G01V 3/06** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/109610
- (22) 国际申请日: 2017 年 11 月 7 日 (07.11.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201611159664.8 2016 年 12 月 15 日 (15.12.2016) CN
- (71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY)  
[CN/CN]; 中国山东省济南市历城区山大南路 27 号, Shandong 250100 (CN)。
- (72) 发明人: 张建 (ZHANG, Jian); 中国山东省济南市历城区山大南路 27 号, Shandong 250100 (CN)。

刘华清 (LIU, Huaqing); 中国山东省济南市历城区山大南路 27 号, Shandong 250100 (CN)。胡振 (HU, Zhen); 中国山东省济南市历城区山大南路 27 号, Shandong 250100 (CN)。张成禄 (ZHANG, Chenglu); 中国山东省济南市历城区山大南路 27 号, Shandong 250100 (CN)。范金林 (FAN, Jinlin); 中国山东省济南市历城区山大南路 27 号, Shandong 250100 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国山东省济南市历下区经十路 17703 号华特广场 B308, Shandong 250061 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: METHOD FOR DETECTING BLOCKAGE IN SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND

(54) 发明名称: 一种潜流人工湿地堵塞的探测方法

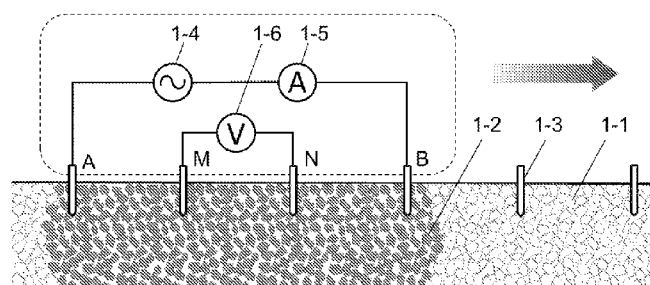


图 1

(57) Abstract: A method for detecting a blockage in a subsurface flow constructed wetland is provided, mainly applied to detecting a blockage in a subsurface flow constructed wetland. Sediments contained in a blocked subsurface flow wetland area (1-2) enhance the water holding capacity of the area, and after water is drained by means of a subsurface flow wetland, moisture content of a wetland bed increases as the degree of blockage increases, such that the apparent resistivity of the wetland bed decreases as the degree of blockage increases. The Wenner method for resistivity measurement is used to measure and calculate the apparent resistivity of a measured area, and according to the apparent resistivity, the blocked area (1-2) is located and the degree of blockage is determined. By means of the detection method, the blocked area (1-2) can be accurately located, and the relative degree of blockage of the blocked area (1-2) can be determined, thereby technically supporting sustainable operation of a subsurface flow constructed wetland. The detection method is high in accuracy, low in damage, easy to operate, and low in implementation costs.

(57) 摘要: 一种潜流人工湿地堵塞的探测方法, 主要应用于潜流人工湿地堵塞的探测。基于潜流湿地堵塞区域 (1-2) 所含沉积物会导致其持水能力增强的特点, 利用潜流湿地排水分后, 湿地床含水率随着堵塞程度增加而增加, 进而造成湿地床视电阻率随着堵塞程度增加而降低的特点, 采用温纳法电阻率测量技术, 测量并计算出测定区域的视电阻率, 并根据视电阻率大小定位堵塞区域 (1-2) 以及判断堵塞程度。采用这一探测方法可以准确定位堵塞区域 (1-2), 并能判断出堵塞区域 (1-2) 的相对堵塞程度, 对潜流人工湿地的可持续运行提供了技术支撑, 具有精确度高、破坏性小、操作简单、实施成本低等优点。

CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

## 一种潜流人工湿地堵塞的探测方法

### 技术领域

本发明涉及一种潜流人工湿地堵塞的探测方法，属于生态环境保护技术领域。

### 背景技术

人工湿地系统应用在污水深度处理中具有建设和运行费用低、操作方便、处理能力强以及兼顾景观生态效益等优点。人工湿地污水处理是在微生物降解、植物吸收、填料吸附等共同作用下完成的。相比表流湿地，潜流人工湿地的水流方式和结构特点提高了微生物污水净化能力，并能减少季节变化带来的影响以及蚊蝇滋生的问题，因此其应用越来越广泛，但是潜流人工湿地填料堵塞问题严重影响了系统的可持续运行。

此前，人们对人工湿地堵塞的预判方法有观察法、堵塞物质取样测定法、渗透系数测定法、示踪剂测定法等。这些方法在推广应用过程中都存在很大的缺陷，其中观察法具有严重的滞后性；堵塞物质取样测定法对湿地床有较强的破坏性；渗透系数法仅限于某点的测定，且操作相对复杂；示踪剂法只能对湿地进行整体评价，耗时较长且会产生二次污染。

近几年有研究利用电阻率差异进行人工湿地堵塞定位，此方法是以堵塞区域及未堵塞区域电阻率差异为基础，此前研究是在湿地运行时直接进行电阻率测量，一般认为：人工湿地的堵塞区域表现为相对高电阻率特征，未堵塞区域表现为相对低电阻率特征。由于堵塞物质通常含有 90% 以上的水分，因此堵塞和未堵塞区域的电阻率差异显著性有待进一步评价。

当前人们对人工湿地堵塞的研究还在不断完善中，其中潜流湿地堵塞区域的定位以及堵塞程度的判定至关重要，这些基础信息的掌握可以为预防区域堵塞恶化以及治理区域堵塞提供有力的技术保障。

### 发明内容

针对现有技术中利用电阻率差异进行人工湿地堵塞定位，而本发明研究发现潜流湿地处于水饱和状态时其堵塞和未堵塞区域电阻率无明显差异，在水体饱和状态下测量湿地床中沉积物质量比为 0、10%、20% 和 30% 的基质视电阻率分别为 26.68 ohm·m、28.69 ohm·m、29.67 ohm·m 和 28.52 ohm·m，因此依据堵塞直接造成电阻率的差异进行定位，在具体实施时此方法的准确度不能得到保证。

相比湿地填料，堵塞沉积物含有大量粘粒成分和发达的毛细结构，因此有持水能力强的特征，水含量越高其电阻率相对越低，因此在湿地床水体排空后，堵塞区域表现出视电阻率低特性，并且随着沉积物累积增加，其视电阻率逐渐降低，根据这些特点可对湿地堵塞进行定位和定量分析。经调研，依据此原理进行潜流湿地堵塞的定位及定量测定还未

有报道。

根据现有技术中的不足和本发明的研究发现，本发明采用以下技术方案：

一种潜流人工湿地堵塞的探测方法，首先将潜流人工湿地水体排空，然后对水体排空后的潜流人工湿地床体进行视电阻率测量，排空后堵塞区域中所含堵塞沉积物持水能力强，进而测得此区域视电阻率低于未堵塞区域，由此能够对堵塞区域进行定位分析；堵塞程度越严重的区域其视电阻率相对越低，由此能够对堵塞程度进行定量分析。

本发明所述探测方法适用于水平潜流人工湿地和垂直潜流人工湿地。

优选的，潜流人工湿地排水系统或水位控制系统运行正常，采用潜流人工湿地排水系统进行水体排空，当人工湿地的水位显示为 0，则表明水体已排空。

优选的，所述潜流人工湿地床体内填料的种类混合与粒径分布均匀，不均匀的填料易引起堵塞程度定量分析误差，填料层上无土壤覆盖表层，排空后潮湿土壤视电阻率较低，因此若有土层覆盖，易造成测定结果偏差。

优选的，人工湿地床体视电阻率的测量在排空后 24 小时内完成测量，研究发现，随着排空后时间的推迟，未堵塞区域以及各个程度的堵塞填料所表现出的视电阻率具有逐渐增加的趋势，各个程度的堵塞填料的含水量降低，当超过 24h 后，无法明显区分较轻程度的堵塞区域。

优选的，所述探测方法在秋冬季潜流湿地表面植物收割后进行，秋冬季植物收割是常用湿地堵塞的防治方法，此时进行探测可以方便测定方案的实施，并减少对系统的影响。

优选的，视电阻率测量选用温纳法。具体方法如下：潜流人工湿地填料表层沿水流方向或沿垂直于水流方向均匀布设电极，电极直径为 1cm~2cm 的金属棒，电极插入填料层深度为 10cm~20cm，电极间距为 40~100cm，相邻电极间距离相同，皆为 L，经试验验证，在此参数范围内可以保证测量结果准确可靠，且测定工作量低。

进一步的，相邻两电极 M、N 为测量电极，测量电极连接电压表，测量电极两侧电极 A、B 为供电电极，供电电极连接交流电源和电流表，A、B 两电极间施加交流电压为 12V~36V，在此范围内测定结果较稳定，且在安全电压以内，对系统的水处理能力影响较小，根据欧姆定律计算出 M、N 两电极间的电阻为  $R_x$ ，M 与 N 电极间基质的视电阻率  $\rho_x = 2\pi L R_x$ 。

进一步的，任意相邻四个电极皆可组成测量电极和供电电极系统，沿电极布置方向测量，得出电极布置方向相邻各个电极间的视电阻率  $\rho_x$ 。

进一步的，在平行于电极布设方向布设其它电极组，相邻两组电极的间距为

40cm~100cm。

潜流湿地水体排空后堵塞区域视电阻率低于未堵塞区域，根据此特征进行定位分析；堵塞程度越严重的区域视电阻率相对越低，根据此特征进行定量分析。

按照以上方式进行单组电极测量，即可得到潜流湿地在此电极组布设方向剖面的堵塞信息，利用此方法在平行电极组进行测量，以确定整个湿地床体内堵塞区域的分布。

上述技术方案具有如下有益效果：

本发明选择利用在潜流湿地水体排空后进行视电阻率测量，排空后堵塞区域中沉积物持水能力强，进而此区域视电阻率较低，并且堵塞越严重的区域其视电阻率相对越低，因此本方法不仅可以有效的对堵塞区域进行定位分析，还可以对堵塞程度进行定量分析；采用了温纳法测量电阻，不仅结果准确可靠，还便于计算，方便后续的数据分析；本发明对堵塞程度较低的堵塞区域有更高的区分能力，因此其使用性广泛，实用价值高；本发明还可以用于湿地床堵塞变化的长期监测；此方法提供了一种无损基质的堵塞定位定量探测方法，操作简单，成本低廉，耗时较低。

## 附图说明

图 1 为本发明一种潜流人工湿地堵塞的探测方法探测示意图。

图 2 为本发明实施例 1 排空后不同堵塞程度填料视电阻率随时间变化曲线图。

图 3 为本发明实施例 2 发生堵塞的潜流湿地不同区域视电阻率分布图。

其中，1-1 为未堵塞区域，1-2 为堵塞区域，1-3 为电极，1-4 为交流电源，1-5 为电流表，1-6 为电压表；2-1 为未堵塞填料对应的视电阻率曲线，2-2 为沉积物比重为 2% 的填料对应的视电阻率曲线，2-3 为沉积物比重为 5% 的填料对应的视电阻率曲线，2-4 为沉积物比重为 10% 的填料对应的视电阻率曲线，2-5 为沉积物比重为 15% 的填料对应的视电阻率曲线，2-6 为沉积物比重为 20% 的填料对应的视电阻率曲线，2-7 为沉积物比重为 30% 的填料对应的视电阻率曲线；3-1 为沉积物比重为 15% 的堵塞区域，3-2 为沉积物比重为 10% 的堵塞区域，3-3 未堵塞区域，3-4 为沉积物比重为 25% 的堵塞区域，3-5 为布设电极，3-6 为对应位置的视电阻率值。

## 具体实施方式

下面结合实施例对本发明进一步说明。

一种潜流人工湿地堵塞的探测方法，主要应用于潜流人工湿地堵塞的探测，潜流人工湿地床体内填料的种类混合与粒径分布均匀，填料层上无土壤覆盖表层。潜流人工湿地填料表层沿水流方向或沿垂直于水流方向均匀布设电极，电极直径为 1cm~2cm 的金属棒，电极插入填料层深度为 10cm~20cm，电极间距为 40~100cm，相邻电极间距离相同，皆为 L。

相邻两电极 M、N 为测量电极，测量电极连接电压表，测量电极两侧电极 A、B 为供电电极，供电电极连接交流电源和电流表，A、B 两电极间施加交流电压为 12V~36V，根据欧姆定律计算出 M、N 两电极间的电阻为  $R_x$ ，M 与 N 电极间基质的视电阻率  $\rho_x = 2\pi L R_x$ 。任意相邻四个电极皆可组成测量电极和供电电极系统，沿电极布置方向测量，得出电极布置方向相邻各个电极间的视电阻率  $\rho_x$ 。在平行于电极布设方向布设其它电极组，相邻两组电极的间距为 40cm~100cm。潜流湿地排水系统或水位控制系统运行正常，湿地床体视电阻率的测量要在潜流湿地中水体排空后进行，且在排空后 24 小时内完成测量。此测量方法的实施在秋冬季潜流湿地表面植物收割后进行。潜流湿地水体排空后堵塞区域视电阻率低于未堵塞区域，根据此特征进行定位分析；堵塞程度越严重的区域视电阻率相对越低，根据此特征进行定量分析。

按照以上方式进行单组电极测量，即可得到潜流湿地在此电极组布设方向剖面的堵塞信息，利用此方法在平行电极组进行测量，以确定整个湿地床体内堵塞区域的分布。

如图 1 所示，本发明根据潜流湿地水体排空后未堵塞区域 1-1 视电阻率高于堵塞区域 1-2 进行定位分析；堵塞程度越严重的区域视电阻率相对越低，根据此特征进行定量分析。下面是该原理下的两个具体实施方案。

#### 实施例 1:

水体排空后不同堵塞程度填料视电阻率随时间变化规律。

该实施例的人工湿地采用人工制作的不同程度堵塞的潜流人工湿地模型，如图 1 所示，不同堵塞程度填料视电阻率的测定采用温纳法，电极 1-3 使用直径为 1.5cm 的铜棒，电极 1-3 长 20cm，插入填料深度为 15cm，相邻电极 1-3 间距离皆为 40cm，相邻两电极 M、N 为测量电极，测量电极连接电压表 1-6，测量电极两侧两电极 A、B 为供电电极，供电电极连接交流电源 1-4 和电流表 1-5。

湿地床体内水体排空后开始进行视电阻率测量，测量时 A、B 电极间施加交流电压为 24V，同时读电流表 1-5 和电压表 1-6 所显示数值，计算 M、N 两电极间的电阻为  $R_x$ ，M 与 N 电极间基质的视电阻率  $\rho_x = 0.8\pi R_x$ 。

从图 2 的水体排空后不同堵塞程度填料视电阻率随时间变化曲线可以得出，堵塞沉积物比重从 0%-30%所对应的视电阻率曲线 2-1 至 2-7 在 y 轴坐标上依次排列，堵塞程度越严重，其视电阻率越低，其变化关系与填料类型、水体中离子浓度、外界环境有关，随着排空后时间的推迟，各个程度的堵塞填料所表现出的视电阻率有逐渐增加的趋势，但不同堵塞程度填料的视电阻率无交点，基于此结果建立了视电阻率和堵塞程度的量化模型，即 ARVO 模型，详情如下：

$$\varphi_{\text{sed}} = a(t) * \exp \left[ \frac{-\rho}{b(t)} \right] + c(t)$$

$$a(t) = 9.24 \times 10^{-7}t^2 - 8.73 \times 10^{-4}t + 1.32$$

$$b(t) = -2.24 \times 10^{-4}t^2 + 2.04 \times 10^{-1}t + 1.54 \times 10^2$$

$$c(t) = 1.08 \times 10^{-5}t + 2.91 \times 10^{-2}$$

其中 $\varphi_{\text{sed}}$ 是堵塞物质所占孔隙体积比; $\rho$ 是视电阻率 ( $\Omega \cdot \text{m}$ );  $t$ 是排空后探测时间 (min);  $a(t)$ ,  $b(t)$ 和  $c(t)$  一级动力学系数  $t$ 。

#### 实施例 2:

发生堵塞的潜流湿地不同区域视电阻率分布。

该实施例的人工湿地采用人工制作的不同程度堵塞的潜流人工湿地模型,如图 3 所示,潜流人工湿地床前端为沉积物比重为 15%堵塞区域 3-1,之后是沉积物比重为 10%的堵塞区域 3-2,再之后是未堵塞区域 3-3,此种现象为潜流湿地进水口颗粒物沉降造成的堵塞;在未堵塞区域中间为沉积物比重为 25%的堵塞区域 3-4,此种堵塞为潜流湿地内部水流不均匀形成的区域堵塞。

电极 3-5 使用直径为 1.5cm 的铁棒,电极 3-5 插入填料深度为 15cm,沿着水流方向布设,电极 3-5 间距为 40cm,湿地床体水体排空后开始进行测量,测量时供电电极施加电压为 36V,同时读电流表和电压表数值,记录,计算测量电极间的视电阻率 $\rho_x = 0.8\pi R_x$ ,得出其对应位置的视电阻率值 3-6。

从图 3 中的潜流湿地床对应位置的视电阻率值 3-6 可以看出,堵塞区域 3-1、3-2 和 3-4 测量得出的视电阻率相对较低,且与未堵塞区域 3-3 差异显著,因此可以明确区分堵塞产生区域所在位置,另外堵塞区域 3-1 测量的视电阻率结果比堵塞区域 3-2 测量出的结果低,说明堵塞区域 3-1 的堵塞程度比堵塞区域 3-2 严重,可以实现堵塞程度的定量分析,而堵塞最严重的区域 3-4 视电阻率测定结果却大于区域 3-1 的结果,造成此现象的原因可能是测定电极布设位置在区域 3-4 和区域 3-3 交接处,故造成了一定的误差。由于真正的规模化潜流湿地基质堵塞程度是逐渐变化的,相邻区域堵塞程度相差不会特别大,因此在规模化潜流人工湿地中可以避免这种现象发生。

基于视电阻率值 3-6 和 ARVO 模型计算潜流湿地各位置的堵塞程度,其结果与真实值的相对误差小于 9%,有效实现了堵塞程度的量化探测。

上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,

其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

## 权 利 要 求 书

1. 一种潜流人工湿地堵塞的探测方法，首先将潜流人工湿地水体排空，然后对水体排空后的潜流人工湿地床体进行视电阻率测量，排空后堵塞区域中所含堵塞沉积物持水能力强，进而测得此区域视电阻率低于未堵塞区域，由此能够对堵塞区域进行定位分析；堵塞程度越严重的区域其视电阻率相对越低，由此能够对堵塞程度进行定量分析。

2. 如权利要求1所述的探测方法，其特征是：所述潜流人工湿地床体内填料的种类混合与粒径分布均匀，填料层上无土壤覆盖表层。

3. 如权利要求1所述的探测方法，其特征是：人工湿地床体视电阻率的测量在排空后24小时内完成测量。

4. 如权利要求1所述的探测方法，其特征是：所述探测方法在秋冬季潜流湿地表面植物收割后进行。

5. 如权利要求1所述的探测方法，其特征是：潜流人工湿地排水系统或水位控制系统运行正常，采用潜流人工湿地排水系统进行水体排空，当人工湿地的水位显示为0，则表明水体已排空。

6. 如权利要求1所述的探测方法，其特征是：视电阻率测量选用温纳法。

7. 如权利要求1所述的探测方法，其特征是：潜流人工湿地填料表层沿水流方向或沿垂直于水流方向均匀布设电极，电极直径为1cm~2cm的金属棒，电极插入填料层深度为10cm~20cm，电极间距为40~100cm，相邻电极间距离相同，皆为L。

8. 如权利要求7所述的探测方法，其特征是：相邻两电极M、N为测量电极，测量电极连接电压表，测量电极两侧电极A、B为供电电极，供电电极连接交流电源和电流表，A、B两电极间施加交流电压为12V~36V，根据欧姆定律计算出M、N两电极间的电阻为 $R_x$ ，M与N电极间基质的视电阻率 $\rho_x = 2\pi L R_x$ 。

9. 如权利要求8所述的探测方法，其特征是：任意相邻四个电极皆可组成测量电极和供电电极系统，沿电极布置方向测量，得出电极布置方向相邻各个电极间的视电阻率 $\rho_x$ 。

10. 如权利要求7所述的探测方法，其特征是：在平行于电极布设方向布设其它电极组，相邻两组电极的间距为40cm~100cm。

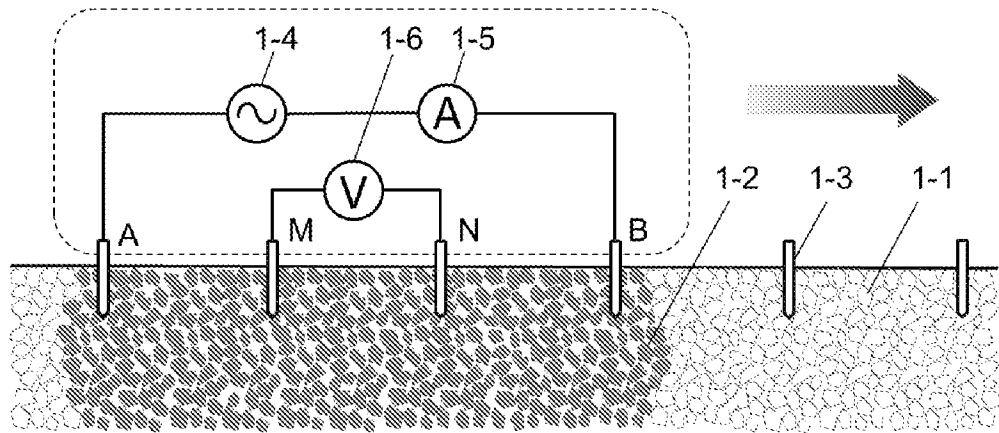


图 1

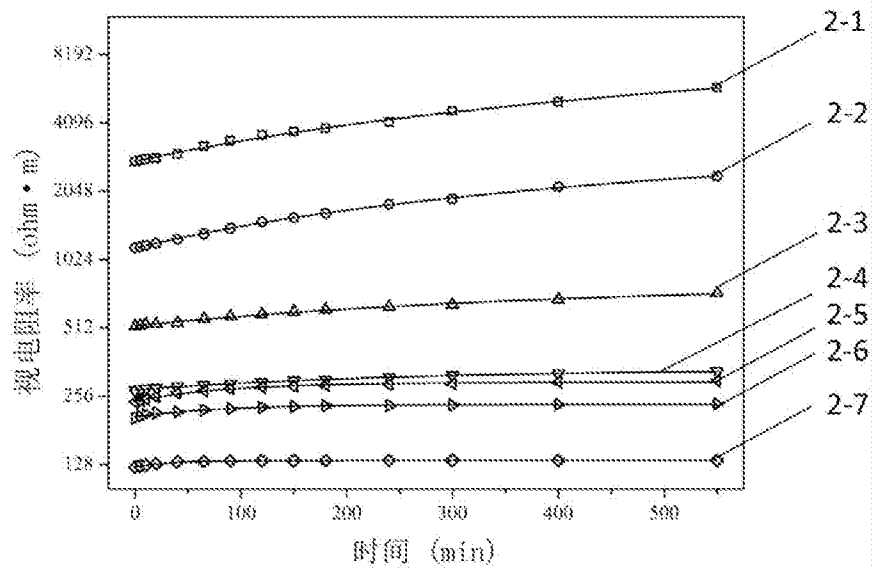


图 2

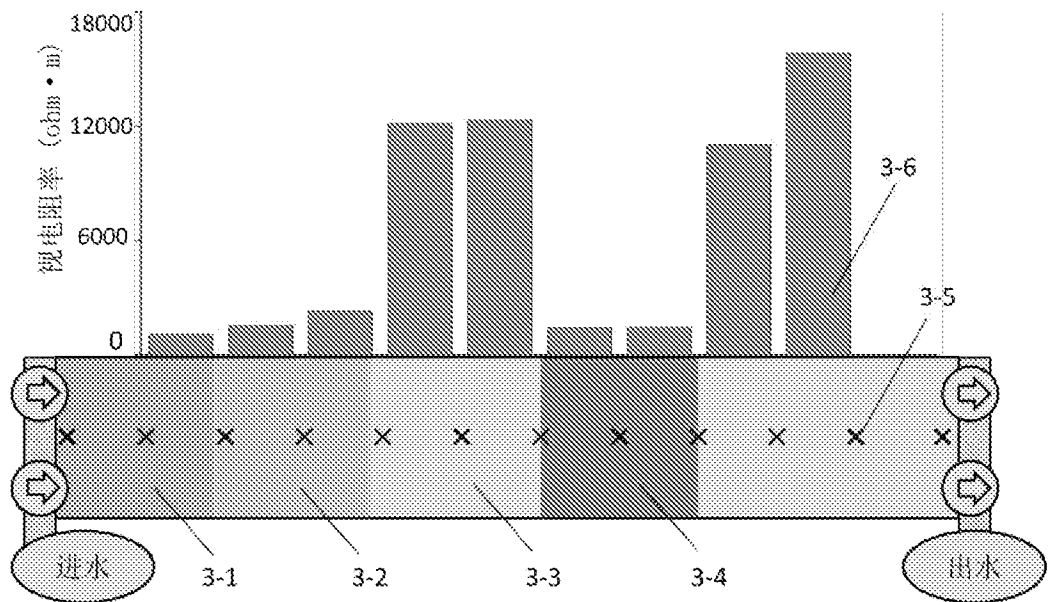


图 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2017/109610

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 27/04 (2006.01) i; G01V 3/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N; G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 山东大学, 张建, 人工, 湿地, 潜流, 电阻率, 导电, 沉积物, 基质, 有机物, 水, 排空, 堵塞, 温纳法, clogging, wetland, constructed, resistivity, resistance, conductivity, water, empty

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 106680326 A (SHANDONG UNIVERSITY) 17 May 2017 (17.05.2017), description, paragraphs [0008]-[0022]                | 1-10                  |
| A         | CN 104049279 A (UNIVERSITY GUILIN TECHNOLOGY) 17 September 2014 (17.09.2014), description, paragraphs [0005]-[0014] | 1-10                  |
| A         | CN 102565863 A (DATONG COAL MINE GROUP CO., LTD.) 11 July 2012 (11.07.2012), entire document                        | 1-10                  |
| A         | CN 105137490 A (UNIVERSITY GUILIN TECHNOLOGY) 09 December 2015 (09.12.2015), entire document                        | 1-10                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                                              |
| “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                                                                     |
| “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | “&” document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                               |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search<br>24 January 2018                                                                                                                                  | Date of mailing of the international search report<br>06 February 2018 |
| Name and mailing address of the ISA<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No. (86-10) 62019451 | Authorized officer<br>ZHOU, Xiaoqing<br>Telephone No. (86-10) 61648288 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**International application No.  
PCT/CN2017/109610

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | CN 104360398 A (UNIVERSITY GUILIN TECHNOLOGY) 18 February 2015 (18.02.2015), entire document                                      | 1-10                  |
| A         | CN 102027366 A (COTTON CATCHMENT COMMUNITIES C COOPERATION RESEARCH CENTER CO., LTD.) 20 April 2011 (20.04.2011), entire document | 1-10                  |
| A         | US 6295512 B1 (BRYANT, JOHN) 25 September 2001 (25.09.2001), entire document                                                      | 1-10                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2017/109610

| Patent Documents referred<br>in the Report | Publication Date  | Patent Family    | Publication Date |
|--------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| CN 106680326 A                             | 17 May 2017       | None             |                  |
| CN 104049279 A                             | 17 September 2014 | None             |                  |
| CN 102565863 A                             | 11 July 2012      | CN 102565863 B   | 04 December 2013 |
| CN 105137490 A                             | 09 December 2015  | None             |                  |
| CN 104360398 A                             | 18 February 2015  | None             |                  |
| CN 102027366 A                             | 20 April 2011     | AU 2009227997 A1 | 01 October 2009  |
|                                            |                   | WO 2009117784 A1 | 01 October 2009  |
| US 6295512 B1                              | 25 September 2001 | US 6804625 B1    | 12 October 2004  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                             |                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>A. 主题的分类</b><br>G01N 27/04 (2006.01)i; G01V 3/06 (2006.01)i<br><br>按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                             |                                             |
| <b>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)<br>G01N; G01V<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))<br>CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 山东大学, 张建, 人工, 湿地, 潜流, 电阻率, 导电, 沉积物, 基质, 有机物, 水, 排空, 堵塞, 温纳法, clogging, wetland, constructed, resistivity, resistance, conductivity, water, empty                                                                                 |                                                                             |                                             |
| <b>C. 相关文件</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                             |                                             |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                           | 相关的权利要求                                     |
| PX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | CN 106680326 A (山东大学) 2017年 5月 17日 (2017 - 05 - 17)<br>说明书第[0008]-[0022]段   | 1-10                                        |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | CN 104049279 A (桂林理工大学) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17)<br>说明书第[0005]-[0014]段 | 1-10                                        |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | CN 102565863 A (大同煤矿集团有限责任公司) 2012年 7月 11日 (2012 - 07 - 11)<br>全文           | 1-10                                        |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | CN 105137490 A (桂林理工大学) 2015年 12月 9日 (2015 - 12 - 09)<br>全文                 | 1-10                                        |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | CN 104360398 A (桂林理工大学) 2015年 2月 18日 (2015 - 02 - 18)<br>全文                 | 1-10                                        |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | CN 102027366 A (棉花集水社区合作研究中心有限公司) 2011年 4月 20日 (2011 - 04 - 20)<br>全文       | 1-10                                        |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 6295512 B1 (BRYANT, JOHN) 2001年 9月 25日 (2001 - 09 - 25)<br>全文            | 1-10                                        |
| <input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                             |                                             |
| * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件<br>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件<br>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性<br>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性<br>“&” 同族专利的文件 |                                                                             |                                             |
| 国际检索实际完成的日期<br><br>2018年 1月 24日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                             | 国际检索报告邮寄日期<br><br>2018年 2月 6日               |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088<br>传真号 (86-10)62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                             | 授权官员<br><br>周晓晴<br><br>电话号码 (86-10)61648288 |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/109610

| 检索报告引用的专利文件 |           |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|-----------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 106680326 | A  | 2017年 5月 17日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 104049279 | A  | 2014年 9月 17日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 102565863 | A  | 2012年 7月 11日   | CN   | 102565863  | B  | 2013年 12月 4日   |
| CN          | 105137490 | A  | 2015年 12月 9日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 104360398 | A  | 2015年 2月 18日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 102027366 | A  | 2011年 4月 20日   | AU   | 2009227997 | A1 | 2009年 10月 1日   |
|             |           |    |                | WO   | 2009117784 | A1 | 2009年 10月 1日   |
| US          | 6295512   | B1 | 2001年 9月 25日   | US   | 6804625    | B1 | 2004年 10月 12日  |