



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110146722 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 23

(21) 申请号 201910433067.7

G01P 13/02 (2006.01)

(22) 申请日 2019.05.23

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110146722 A

CN 105486351 A, 2016.04.13  
JP 2013036854 A, 2013.02.21  
CN 108828262 A, 2018.11.16  
CN 206847730 U, 2018.01.05  
CN 101782591 A, 2010.07.21  
CN 206311626 U, 2017.07.07

(43) 申请公布日 2019.08.20

(73) 专利权人 重庆交通大学  
地址 402247 重庆市江津区双福新区福星大道1号

T.Vogt 等. Investigating riparian groundwater flow close to a losing river using diurnal temperature oscillations at high vertical resolution.《HYDROLOGY AND EARTH SYSTEM SCIENCES》.2012,473-487.

(72) 发明人 梁越 孙志伟 刘楠楠 刘明维  
王俊杰 陈晴空 徐炜

(74) 专利代理机构 重庆缙云专利代理事务所  
(特殊普通合伙) 50237

审查员 刘云丽

代理人 王翔

(51) Int. Cl.

G01P 5/10 (2006.01)

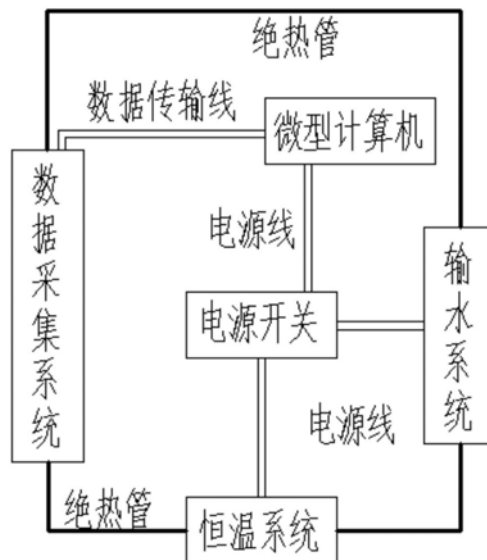
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

基于温度示踪的地下水流速流向的测定方法及测定装置

(57) 摘要

本发明公开基于温度示踪的地下水流速流向的测定方法及测定装置。方法的主要步骤为：1) 温度传感器测量得到地下水当前水温记 $T_0$ ；2) 方位测量仪测得导热管A与方向北的夹角；3) 恒温系统调控恒温调节器的温度，使温度恒为K。4) 输水系统驱动恒温系统内的热流流动，使热流依次流经绝热管、导热管A、导热管B和绝热管后，流回恒温系统。5) 数据采集系统采集温度传感器的数据，并通过数据传输线将数据上传到上位机。5) 处理得到地下水流速值和流向。装置主要包括恒温系统、输水系统、数据采集系统、PC机、温度传感器、绝热管和数据传输线。本发明准确率高、无污染、不会对操作人员的健康产生危害、造价低廉、操作简单。



1. 基于温度示踪的地下水流速流向的测定方法,其特征在于,主要包括以下步骤:

- 1) 温度传感器 (1) 测量得到地下水当前水温,记为 $T_0$ ;
- 2) 方位测量仪 (303) 测量导热管A (301) 与方向北的夹角,记为 $\theta_0$ ;
- 3) 恒温系统对热流的温度进行调节,使温度恒为 $K$ ;  $K > T_0$ ;

4) 输水系统驱动恒温系统内的热流流动,使热流经绝热管 (2)、数据采集系统内的导热管A (301)、数据采集系统内的导热管B (302) 和绝热管 (2) 后,流回恒温系统;导热管A (301) 和导热管B (302) 相互垂直;导热管A (301) 进、出热流温度值分别记为 $T_{A1}$  和 $T_{A2}$ ;导热管B (302) 进、出热流温度值分别记为 $T_{B1}$  和 $T_{B2}$ ;导热管A (301) 和导热管B (302) 两端温度差值分别记为 $\Delta T_A$  和 $\Delta T_B$ ;

5) 每隔 $t$ 时间,重复步骤4,直到得到 $n$ 组导热管A (301) 和导热管B (302) 内的热流温度数据 $\Delta T_{Ai}$  和 $\Delta T_{Bi}$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ ;

6) PC机对热流温度数据做运算处理,求得地下水流速值 $v$ 和流向 $g$ 。

2. 根据权利要求1所述的地下水流速流向的测定方法,其特征在于,温度差值 $\Delta T_A$  和 $\Delta T_B$ 分别满足下式:

$$\begin{cases} \Delta T_A = f(90 - \theta, v, u_A, D_{iA}, D_{oA}, L_A, \lambda) \\ \Delta T_B = f(\theta, v, u_B, D_{iB}, D_{oB}, L_B, \lambda) \end{cases}; \quad (1)$$

式中, $\lambda$ 为导热系数; $v$ 为地下水的流速; $\theta$ 为导热管A (301) 与地下水流向所成夹角; $D_{iA}$ 为导热管A (301) 内径; $D_{iB}$ 为导热管B (302) 内径, $D_{oA}$ 为导热管A (301) 外径; $D_{oB}$ 为导热管B (302) 外径, $u_A$ 为导热管A (301) 内的热流流速; $u_B$ 为导热管B (302) 内的热流流速; $L_A$ 为导热管长度; $L_B$ 为导热管长度。

3. 根据权利要求1所述的地下水流速流向的测定方法,其特征在于,地下水流向 $g$ 如下所示:

$$g = \theta + \theta_0; \quad (2)$$

式中, $\theta_0$ 为导热管A (301) 与方向北的夹角; $\theta$ 为导热管A (301) 与地下水流向所成夹角。

4. 基于权利要求1至3任一项所述地下水流速流向的测定方法的测定装置,其特征在于:主要包括恒温系统、输水系统、数据采集系统、PC机、温度传感器 (1)、绝热管 (2) 和数据传输线;

恒温系统具有恒温调节器;恒温调节器内部储存具有导热性的液体;恒温系统恒定恒温调节器中液体的温度;

数据采集系统通过绝热管 (2) 和恒温系统的恒温调节器连接;

数据采集系统采集温度传感器 (1) 测量得到的温度数据;

数据采集系统包括导热管A (301)、导热管B (302) 和方位测量仪 (303);

输水系统和恒温系统的恒温调节器通过绝热管 (2) 连接;

输水系统和数据采集系统通过绝热管 (2) 连接;

输水系统驱动恒温系统中的热流流经绝热管 (2)、数据采集系统内相互垂直的导热管A (301)、导热管B (302) 和绝热管 (2) 后,流回恒温系统;

PC机通过数据传输线接收并处理数据采集系统采集的数据,从而得到地下水流速值和流向。

5. 根据权利要求4所述的测定装置,其特征在于:导热管A(301)或导热管B(302)通过绝热管(2)和恒温系统相连的一端记为导热管进水口;导热管A(301)或导热管B(302)通过绝热管(2)与输水系统相连的一端记为导热管出水口。

6. 根据权利要求5所述的测定装置,其特征在于:每节绝热管(2)内均设置有温度传感器(1);设置在每节绝热管(2)内的温度传感器(1)分别测量导热管进水口和导热管出水口的温度值。

## 基于温度示踪的地下水流速流向的测定方法及测定装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及水文地质参数探测技术领域,具体是基于温度示踪的地下水流速流向的测定方法及测定装置。

### 背景技术

[0002] 地下水作为水资源的重要组成部分,在保证生活用水、支持经济社会发展和维持生态环境等方面具有十分重要的作用。随着经济的快速发展和人口的逐渐增多,地下水的不可替代作用日益凸现,尤其是在地表水资源短缺的北方地区和地表水质量较差的南方地区。地下水监测是一项长期的事业,是认识和掌握地下水动态变化特征,科学评价地下水资源,制定合理开发利用与有效保护措施,减轻和防治地下水污染及其相关的地质灾害和生态环境等问题的重要基础,可以直接为水资源的管理和保护、地下水的合理开发利用以及地质灾害防治和生态环境保护等提供科学支持和技术保障。但是如何精细化地测定地下水的两个重要参数—流速、流向,是对优化地下水监测的关键问题之一。

[0003] 现有技术中,常用的地下水探测方法是基于点稀释原理的人工示踪方法,通常分为标记法和钻井法。标记法,不仅要检测库水,而且在示踪剂可能通过的地方也要对地下水进行检测,由于要检测的范围广,操作繁琐周期长。钻井法一般使用放射性同位素,在投入同位素示踪剂后,要在其下游的检查孔或出水点连续检测。一个投源孔与若干个检测孔,由于这种试验孔的数量较多,所以试验成本高周期长。因此,需要一种成本低廉、高效、节能环保并且易于测量的方法来探测地下水的流速、流向。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是解决现有技术中存在的问题。

[0005] 为实现本发明目的而采用的技术方案是这样的,基于温度示踪的地下水流速流向的测定方法,主要包括以下步骤:

[0006] 1) 温度传感器测量得到地下水当前水温记 $T_0$ 。

[0007] 2) 方位测量仪测量导热管A与方向北的夹角,记为 $\theta_0$ 。

[0008] 3) 恒温系统对热流的温度进行调解,使温度恒为 $K, K > T_0$ 。

[0009] 4) 输水系统驱动恒温系统内的热流流动,使热流经绝热管、数据采集系统内的导热管A、数据采集系统内的导热管B和绝热管后,流回恒温系统;导热管A和导热管B相互垂直;导热管A进、出热流温度值分别记为 $T_{A1}$ 和 $T_{A2}$ ;导热管B进、出热流温度值分别记为 $T_{B1}$ 和 $T_{B2}$ ;导热管A和B两端温度差值分布记为 $\Delta T_A$ 、 $\Delta T_B$ 。

[0010] 进一步,温度差值 $\Delta T_A$ 和 $\Delta T_B$ 分别满足下式:

$$[0011] \quad \begin{cases} \Delta T_A = f(90 - \theta, v, u_A, D_i, D_o, L, \lambda) \\ \Delta T_B = f(\theta, v, u_B, D_i, D_o, L, \lambda) \end{cases} \quad (1)$$

[0012] 式中, $\lambda$ 为导热系数。 $v$ 为地下水的流速。 $\theta$ 为导热管A与地下水流向所成夹角。 $D_i$ 为导热管A或导热管B内径, $D_o$ 为导热管A或导热管B外径, $u_A$ 为导热管A(301)内的热流流速; $u_B$

为导热管B(302)内的热流流速。 $L$ 为导热管长度。

[0013] 5) 每隔 $t$ 时间,重复步骤4,直到得到 $n$ 组导热管A和导热管B内的热流温度数据 $\Delta T_{Ai}$ 和 $\Delta T_{Bi}$ , $i=1, \dots, n$ 。

[0014] 6) PC机对热流温度数据做运算处理,求得地下水流速值 $v$ 、流向 $g$ 。

[0015] 地下水流向 $g$ 如下所示:

$$g = \theta + \theta_0 \quad (3)$$

[0017] 式中, $\theta_0$ 为导热管与方向北的夹角; $\theta$ 为导热管A与地下水流向所成夹角。

[0018] 基于地下水流速流向的测定方法的装置,主要包括、恒温系统、输水系统、数据采集系统、PC机、温度传感器1、绝热管和数据传输线。

[0019] 恒温系统具有恒温调节器。恒温调节器内部储存液体。所述液体具有导热性。恒温系统恒定恒温调节器中液体的温度。

[0020] 数据采集系统通过绝热管和恒温系统的恒温调节器连接。

[0021] 数据采集系统采集温度传感器1测量得到的温度数据。

[0022] 数据采集系统包括导热管A、导热管B和方位测量仪。

[0023] 输水系统和恒温系统的恒温调节器通过绝热管连接。

[0024] 输水系统和数据采集系统通过绝热管连接。

[0025] 输水系统驱动恒温系统中的热流流经绝热管、数据采集系统内相互垂直的的导热管A、导热管B和绝热管后,流回恒温系统。

[0026] PC机通过数据传输线接收并处理数据采集系统采集的数据,从而得到地下水流速值和流向。

[0027] 每节绝热管内均设置有温度传感器。设置在每节绝热管内的温度传感器分别测量导热管进水口和导热管出水口的温度值。

[0028] 输水系统和恒温系统的恒温调机器通过绝热管连接。

[0029] 输水系统和数据采集系统通过绝热管连接。

[0030] 输水系统驱动恒温系统中的热流流经绝热管、数据采集系统内相互垂直的导热管A、导热管B和绝热管后,流回恒温系统。

[0031] PC机通过数据传输线接收并处理数据采集系统采集的数据,从而得到地下水流速值和流向。

[0032] 本发明的技术效果是毋庸置疑的。本发明采用温度传感器,温度测量准确,测量结果精度高,数据准确。本发明利用温度为示踪剂进行地下水流速的探测,对环境不会造成污染,不会对操作人员的健康产生危害,且造价低廉。本发明操作简单,便于工作人员掌握。

## 附图说明

[0033] 图1为流速流向仪。

[0034] 图2为导热管A与地下水流向夹角为 $0^\circ$ 的主视图。

[0035] 图3为导热管A与地下水流向夹角为 $0^\circ$ 的俯视图。

[0036] 图4为装置结构示意图。

[0037] 图5为数据采集系统示意图。

[0038] 图6为 $\Delta T_B$ 地下水流速值关系曲线。

[0039] 图7为  $\Delta T_B$  与地下水流向值关系曲线。

[0040] 图中:温度传感器1、绝热管2、导热管A301、导热管B302和方位测量仪303。

### 具体实施方式

[0041] 下面结合实施例对本发明作进一步说明,但不应该理解为本发明上述主题范围仅限于下述实施例。在不脱离本发明上述技术思想的情况下,根据本领域普通技术知识和惯用手段,做出各种替换和变更,均应包括在本发明的保护范围内。

[0042] 实施例1:

[0043] 如图1至图7所示,基于温度示踪的地下水流速流向的测定方法,主要包括以下步骤:

[0044] 基于温度示踪的地下水流速流向的测定方法,主要包括以下步骤:

[0045] 1) 温度传感器1测量得到地下水当前水温记  $T_0$ 。

[0046] 2) 方位测量仪303测量导热管A301与方向北的夹角,记为  $\theta_0$ 。

[0047] 3) 恒温系统对恒温系统内部热流的温度进行调解,使温度恒为  $K, K > T_0$ 。

[0048] 4) 输水系统驱动恒温系统内的热流流动,使热流经绝热管2、数据采集系统内的导热管A301、数据采集系统内的导热管B302和绝热管2后,流回恒温系统;导热管A301和导热管B302相互垂直;导热管A301进、出热流温度值分别记为  $T_{A1}$  和  $T_{A2}$ ;导热管B302进、出热流温度值分别记为  $T_{B1}$  和  $T_{B2}$ 。导热管A301和B302两端温度差值分布记为  $\Delta T_A$ 、 $\Delta T_B$ 。

[0049] 进一步,温度差值  $\Delta T_A$  和  $\Delta T_B$  分别满足下式:

$$[0050] \begin{cases} \Delta T_A = f(90 - \theta, v, u_A, D_i, D_o, L, \lambda) \\ \Delta T_B = f(\theta, v, u_B, D_i, D_o, L, \lambda) \end{cases} \quad (1)$$

[0051] 式中,  $\lambda$  为导热系数。  $v$  为地下水的流速。  $\theta$  为导热管A301与地下水流向所成夹角。  $D_i$  为导热管A301或导热管B302内径,  $D_o$  为导热管A301或导热管B302外径,  $u_A$  为导热管A301内的热流流速;  $u_B$  为导热管B302内的热流流速。  $L$  为导热管长度。

[0052] 5) 每隔  $t$  时间,重复步骤4,直到得到  $n$  组导热管A301和导热管B302内的热流温度数据  $\Delta T_{Ai}$  和  $\Delta T_{Bi}, i = 1, 2, \dots, n$ 。

[0053] 6) PC机,也即微型计算机对热流温度数据做运算处理,求得地下水流速值  $v$ 、流向  $g$ 。

[0054] 地下水流向  $g$  如下所示:

$$[0055] g = \theta + \theta_0 \quad (2)$$

[0056] 式中,  $\theta_0$  为导热管A301与方向北的夹角;  $\theta$  为导热管A301与地下水流向所成夹角。

[0057] 实施例2:

[0058] 基于地下水流速流向的测定方法的装置,主要包括恒温系统、输水系统、数据采集系统、PC机、温度传感器1、绝热管2和数据传输线。

[0059] 恒温系统具有恒温调节器。恒温调节器内部储存液体。所述液体具有导热性。恒温系统恒定恒温调节器中液体的温度。

[0060] 数据采集系统通过绝热管2和恒温系统的恒温调节器连接。

[0061] 数据采集系统采集温度传感器1测量得到的温度数据。

[0062] 数据采集系统包括导热管A301、导热管B302和方位测量仪303。方位测量仪303可

以为陀螺仪等。

[0063] 输水系统和恒温系统的恒温调节器通过绝热管2连接。

[0064] 输水系统和数据采集系统通过绝热管2连接。

[0065] 输水系统驱动恒温系统中的热流流经绝热管2、数据采集系统内相互垂直的的导热管A301、导热管B302和绝热管2后,流回恒温系统。

[0066] PC机通过数据传输线接收并处理数据采集系统采集的数据,从而得到地下水流速值和流向。

[0067] 每节绝热管内均设置有温度传感器。设置在每节绝热管内的温度传感器分别测量导热管进水口和导热管出水口的温度值。

[0068] 输水系统和恒温系统的恒温调机器通过绝热管连接。

[0069] 输水系统和数据采集系统通过绝热管连接。

[0070] 输水系统驱动恒温系统中的热流流经绝热管、数据采集系统内相互垂直的导热管A、导热管B和绝热管后,流回恒温系统。

[0071] PC机通过数据传输线接收并处理数据采集系统采集的数据,从而得到地下水流速值和流向。

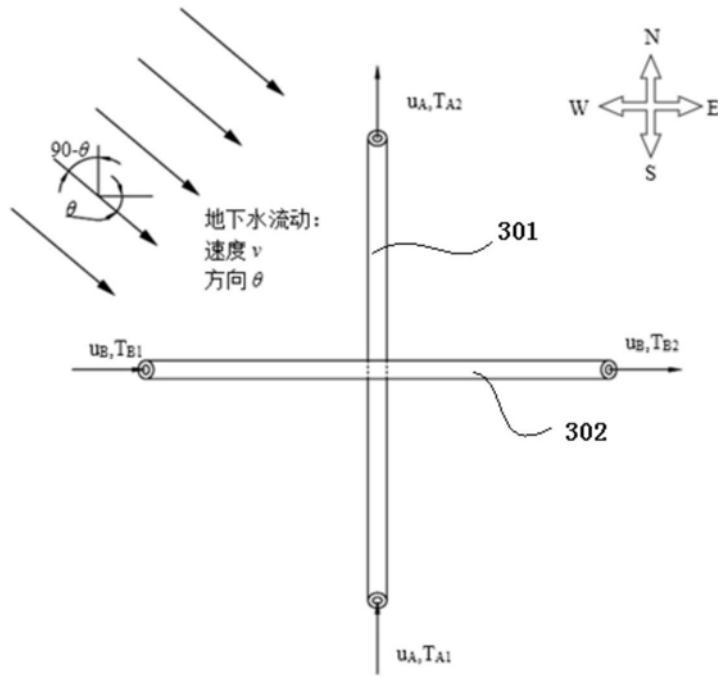


图1

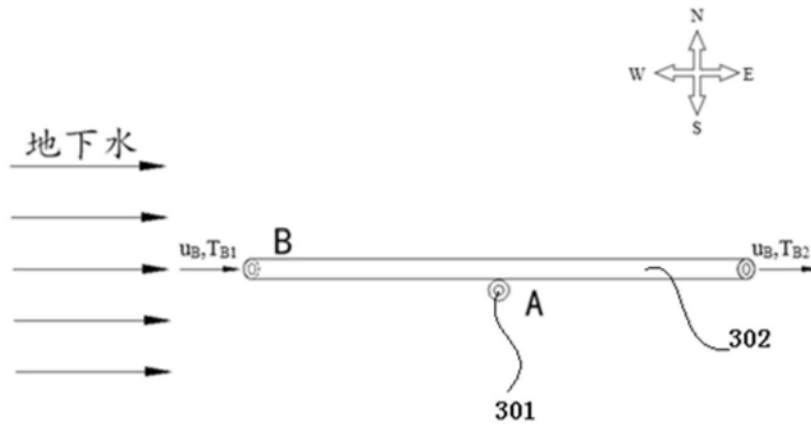


图2



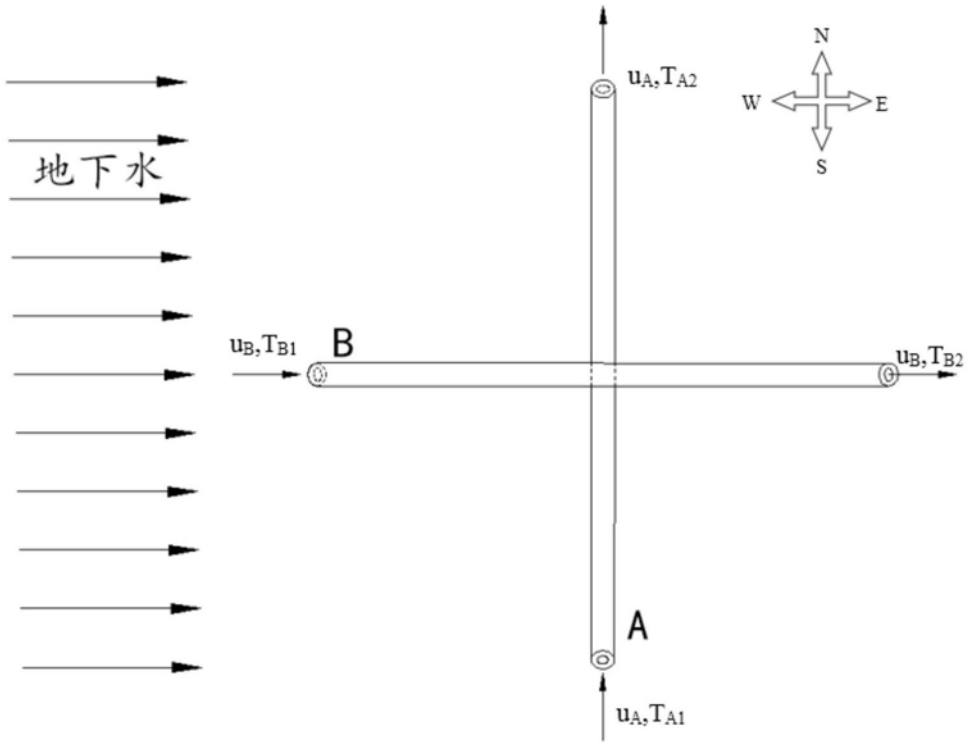


图3

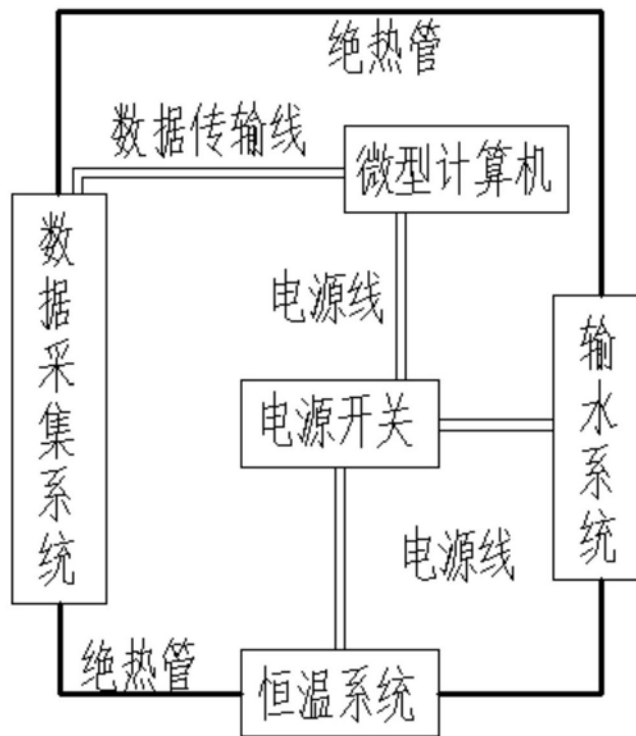


图4

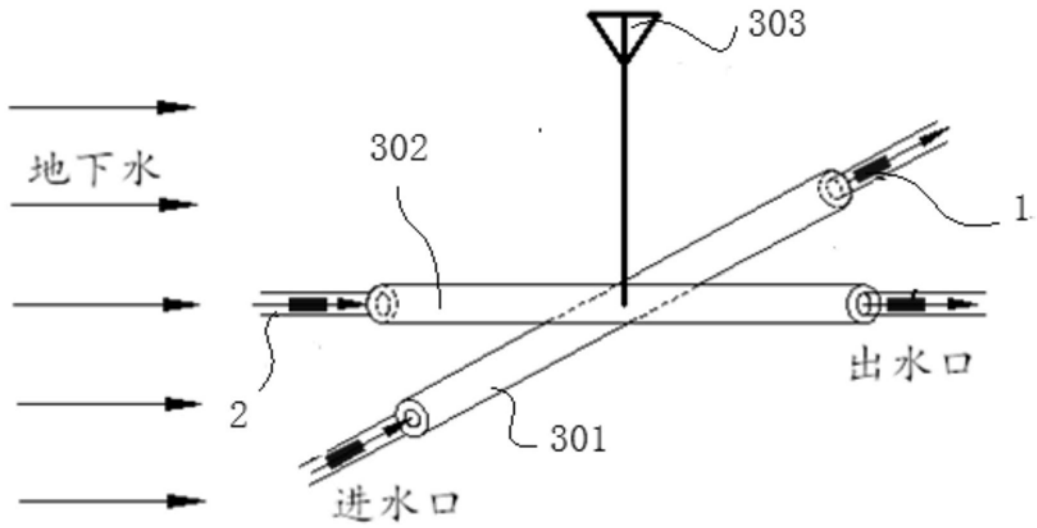


图5

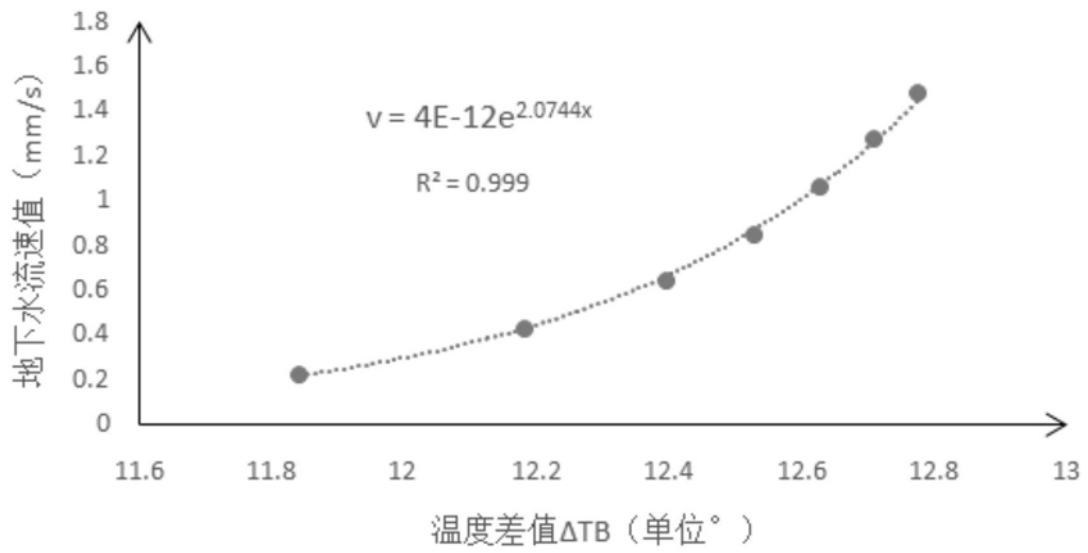


图6

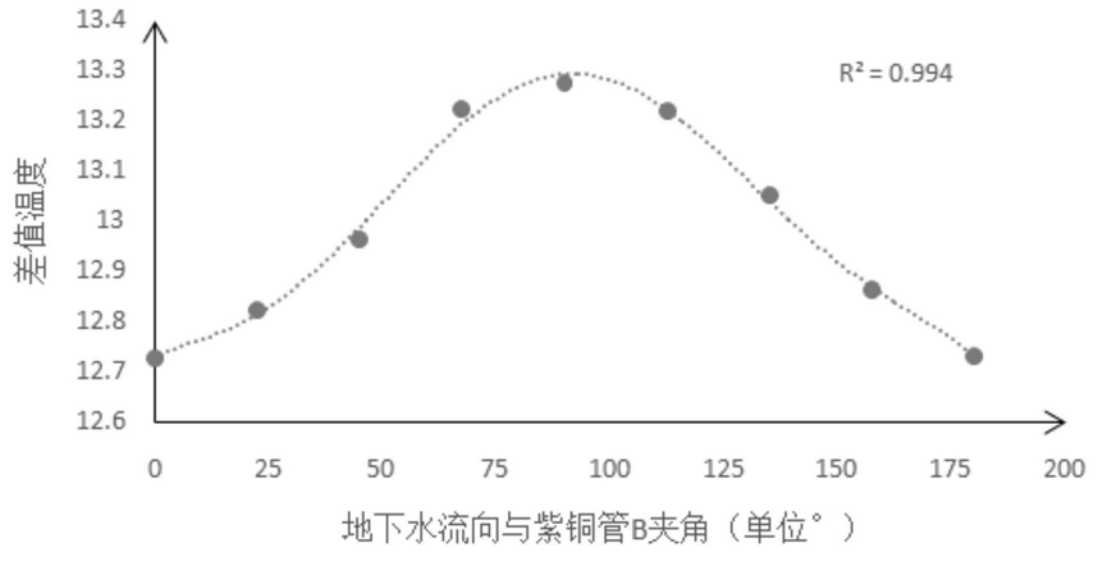


图7