



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107907311 A

(43)申请公布日 2018.04.13

(21)申请号 201710563694.3

G01L 5/04(2006.01)

(22)申请日 2017.07.11

(71)申请人 国网浙江省电力公司湖州供电公司

地址 313000 浙江省湖州市吴兴区凤凰路  
777号

申请人 湖州电力设计院有限公司  
国家电网公司

(72)发明人 朱奕弢 潘少良 张文杰 张大长

陈焱彬 吴凯 李浩言 王瑶  
蒋锋 蒋伟 王伟 张翼

(74)专利代理机构 杭州杭诚专利事务所有限公

司 33109

代理人 尉伟敏 李玉成

(51)Int.Cl.

G01M 13/00(2006.01)

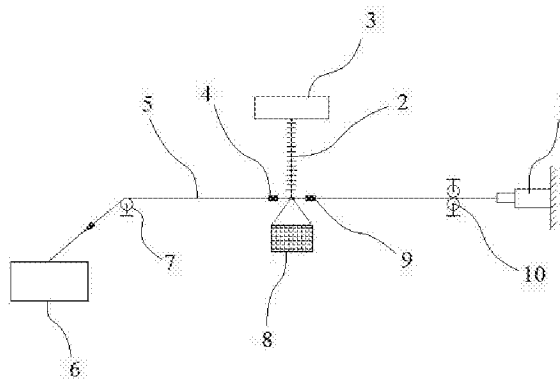
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法及系统,系统包括用于定位导线的定位机构、用于检测导线水平位移的位移检测装置以及用于检测导线受力情况的张力检测装置,所述导线的一端连接有作动器,所述导线的另一端连接水平张力模拟装置,所述导线的中部连接有悬垂串,所述导线在悬垂串的下方悬挂有重物。本发明旨在提供一种减少试验场地占用、降低试验难度的输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法及系统。



1. 一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法,包括以下步骤:

a. 根据输电线路实际设计条件的档距 $l$ 和高差 $h$ ,选择正常使用时相应的导线型号和悬垂串型号;

b. 计算单位长度下的导线自重荷载 $g_1$ 和单位长度下的覆冰重力荷载 $g_2$ ,得出计算输电线路处于 $i$ 档时的导线竖向荷载 $g$ :

$$g = g_1 + g_2 \quad (1);$$

c. 计算输电线路处于 $i$ 档时的悬垂串底部受到的竖向荷载 $W$ ,在悬垂串底部悬挂与 $W$ 等质量的重物用于模拟悬垂串底部受到的竖向荷载;

d. 分别测得初始状态下悬垂串两侧的导线张力,其中张力较小侧导线张力记为 $F_{\min}$ ,张力较大侧导线张力记为 $F_{\max}$ ,计算悬垂串不平衡张力 $F = F_{\max} - F_{\min}$ ;

e. 对导线加载导线张力,记录悬垂串的水平位移为 $S$ ,并测得此状态下悬垂串两侧的导线张力 $F_{\max}$ 和 $F_{\min}$ ,计算次状态下悬垂串的不平衡张力 $F = F_{\max} - F_{\min}$ ;

f. 增加对导线加载的导线张力,并重复e步骤,得出多组不平衡张力 $F$ 与对应的水平位移 $S$ ,作出不平衡张力 $F$ 和水平位移 $S$ 的关系曲线。

2. 根据权利要求1所述的一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法,其特征是,步骤b中,单位长度下的导线自重荷载 $g_1$ 计算公式为:

$$g_1 = 9.80665 \times p_1 \quad (2)$$

其中, $p_1$ 为导线的单位长度质量。

3. 根据权利要求2所述的一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法,其特征是,步骤b中,单位长度下的覆冰重力荷载 $g_2$ 计算公式为:

$$g_2 = 9.80665 \times 0.9\pi\delta(\delta+d) \times 10^{-3} \quad (3)$$

其中, $\delta$ 为覆冰厚度, $d$ 为导线直径。

4. 根据权利要求3所述的一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法,其特征是,步骤c中,悬垂串底部受到的竖向荷载 $W$ 计算公式为:

$$W = \left( \frac{g_i l_i}{2 \cos \beta_i} - \frac{T_i h_i}{l_i} \right) + \left( \frac{g_{i+1} l_{i+1}}{2 \cos \beta_{i+1}} + \frac{T_{i+1} h_{i+1}}{l_{i+1}} \right) \quad (4)$$

其中, $T$ 为导线最低点水平张力, $l$ 为档距, $h$ 为高差, $\beta$ 为高差角,参数下标 $i$ 与 $i+1$ 代表悬垂串两侧第 $i$ 档和第 $i+1$ 档参数。

5. 一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验系统,其特征是,包括用于定位导线的定位机构、用于检测导线水平位移的位移检测装置以及用于检测导线受力情况的张力检测装置,所述导线的一端连接有作动器(1),所述导线的另一端连接水平张力模拟装置(6),所述导线的中部连接有悬垂串(2),所述导线在悬垂串(2)的下方悬挂有重物(8)。

6. 根据权利要求5所述的一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验系统,其特征是,所述导线的上方设有与悬垂串(2)连接的悬垂串固定装置(3),所述的悬垂串(2)在导线不受外力情况下垂直于水平地面。

7. 根据权利要求5所述的一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验系统,其特征是,所述的定位机构包括与导线左端配合的左定滑轮(7)以及与导线右端配合的右定滑轮(10),所述左定滑轮(7)和右定滑轮(10)位于同一水平高度。

8. 根据权利要求5或6或7所述的一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验系统,其特征是,所述的位移检测装置包括位移传感器,所述的位移传感器设置在悬垂串(2)上。

9. 根据权利要求5或6或7所述的一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验系统,其特征是,所述的张力检测装置包括左拉力传感器(4)和右拉力传感器(9),所述的左拉力传感器(4)设置在悬垂串(2)左侧的导线上,所述的右拉力传感器(9)设置在悬垂串(2)右侧的导线上。

## 一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于输电线路测试领域,尤其涉及一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法及系统。

### 背景技术

[0002] 输电线路杆塔由于架设在户外环境中,各种气象灾害均可能引发输电线路杆塔损坏,特别是冬季架空导线和杆塔很容易覆冰,严重的覆冰以及不均匀覆冰,是造成高压输电线路倒塔甚至串倒的主要原因。在我国许多地区都发生过因导线覆冰而使输电线路的荷重增加造成闪络、断线、倒杆塔等事故,给社会造成了巨大的经济损失。例如,2008年1月份全国各地普降大雪,南方数省输电线路遭遇历史上罕见的冰雪灾害,大风、冻雨、冰雪使输电导线严重覆冰,多条输电线路发生掉串、断线、倒塔等事故。

[0003] 不均匀覆冰等因素引起的纵向不平衡张力是架空线路设计时需要考虑的重要因素,对于保障输电线路的安全运行具有十分重要的意义。对于输电线路纵向不平衡张力的分析,研究及设计人员一般以理论计算和有限元分析为主,在不平衡张力试验方面研究很少,一个很重要的原因就是输电线路档距过大,试验难度和成本很高,并且一条线路参数无法进行过多改变,试验模型单一。

### 发明内容

[0004] 本发明是为了克服现有技术中的上述不足,提供了一种减少试验场地占用、降低试验难度的输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法及系统。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0006] 一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法,包括以下步骤:

[0007] a. 根据输电线路实际设计条件的档距 $l$ 和高差 $h$ ,选择正常使用时相应的导线型号和悬垂串型号;

[0008] b. 计算单位长度下的导线自重荷载 $g_1$ 和单位长度下的覆冰重力荷载 $g_2$ ,得出计算输电线路处于 $i$ 档时的导线竖向荷载 $g$ :

[0009]  $g = g_1 + g_2$  (1);

[0010] c. 计算输电线路处于 $i$ 档时的悬垂串底部受到的竖向荷载 $W$ ,在悬垂串底部悬挂与 $W$ 等质量的重物用于模拟悬垂串底部受到的竖向荷载;

[0011] d. 分别测得初始状态下悬垂串两侧的导线张力,其中张力较小侧导线张力记为 $F_{\min}$ ,张力较大侧导线张力记为 $F_{\max}$ ,计算悬垂串不平衡张力 $F = F_{\max} - F_{\min}$ ;

[0012] e. 对导线加载导线张力,记录悬垂串的水平位移为 $S$ ,并测得此状态下悬垂串两侧的导线张力 $F_{\max}$ 和 $F_{\min}$ ,计算次状态下悬垂串的不平衡张力 $F = F_{\max} - F_{\min}$ ;

[0013] f. 增加对导线加载的导线张力,并重复e步骤,得出多组不平衡张力 $F$ 与对应的水平位移 $S$ ,作出不平衡张力 $F$ 和水平位移 $S$ 的关系曲线。

[0014] 这样,将输电线路连续档中某一基直线塔上的悬垂串取出,在悬垂串底部悬挂与

两侧导线覆冰等重的重物来模拟导线覆冰,按照导线型号、覆冰厚度以及不均匀覆冰情况的不同设计试验工况,通过水平张拉导线的方式,测试悬垂串不同偏转角度时两侧的导线张力,从而得到不平衡张力的变化,极大降低了试验的难度和风险,能够准确有效的模拟出悬垂串受力特征。

[0015] 作为优选,步骤b中,单位长度下的导线自重荷载 $g_1$ 计算公式为:

$$[0016] \quad g_1 = 9.80665 \times p_1 \quad (2)$$

[0017] 其中, $p_1$ 为导线的单位长度质量。

[0018] 作为优选,步骤b中,单位长度下的覆冰重力荷载 $g_2$ 计算公式为:

$$[0019] \quad g_2 = 9.80665 \times 0.9\pi\delta(\delta+d) \times 10^{-3} \quad (3)$$

[0020] 其中, $\delta$ 为覆冰厚度, $d$ 为导线直径。

[0021] 作为优选,步骤c中,悬垂串底部受到的竖向荷载 $W$ 计算公式为:

$$[0022] \quad W = \left( \frac{g_i l_i}{2 \cos \beta_i} - \frac{T_i h_i}{l_i} \right) + \left( \frac{g_{i+1} l_{i+1}}{2 \cos \beta_{i+1}} + \frac{T_{i+1} h_{i+1}}{l_{i+1}} \right) \quad (4)$$

[0023] 其中, $T$ 为导线最低点水平张力, $l$ 为档距, $h$ 为高差, $\beta$ 为高差角,参数下标 $i$ 与 $i+1$ 代表悬垂串两侧第 $i$ 档和第 $i+1$ 档参数。

[0024] 一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验系统,包括用于定位导线的定位机构、用于检测导线水平位移的位移检测装置以及用于检测导线受力情况的张力检测装置,所述导线的一端连接有作动器,所述导线的另一端连接水平张力模拟装置,所述导线的中部连接有悬垂串,所述导线在悬垂串的下方悬挂有重物。这样,导线的一端连接有作动器,导线的另一端连接水平张力模拟装置,用于模拟导线受到的水平张力,导线在悬垂串的下方设置重物,用于模拟导线受到的覆冰重力荷载,在保证悬垂串受力特征与在原输电线路上一致的情况下,将百米以上档距的输电线路缩短到数米内,大大降低了试验场地的占用,使得试验过程可控性和便利性大大提高。

[0025] 作为优选,所述导线的上方设有与悬垂串连接的悬垂串固定装置,所述的悬垂串在导线不受外力情况下垂直于水平地面。

[0026] 作为优选,所述的定位机构包括与导线左端配合的左定滑轮以及与导线右端配合的右定滑轮,所述左定滑轮和右定滑轮位于同一水平高度。

[0027] 作为优选,所述的位移检测装置包括位移传感器,所述的位移传感器设置在悬垂串上。当悬垂串受到水平拉力时将会产生偏转角度,位移传感器可用于检测悬垂串水平方向的位移量。

[0028] 作为优选,所述的张力检测装置包括左拉力传感器和右拉力传感器,所述的左拉力传感器设置在悬垂串左侧的导线上,所述的右拉力传感器设置在悬垂串右侧的导线上。这样,左拉力传感器和右拉力传感器可同时检测导线左右两侧的张力大小,从而便于计算出不平衡张力。

[0029] 本发明的有益效果是:(1)将原本百米以上较长档距的输电线路缩短到数米内,在保证悬垂串受力特征与在原输电线路上一致的情况下,准确有效的模拟出悬垂串受力特征,缩小了对于试验场地的要求,极大降低了试验的难度和风险;(2)可以通过改变悬垂串底部重物质量的方式改变原试验线路档距、导线型号、覆冰厚度和覆冰率,并且可以适用于多种降低导线不平衡张力装置方式的试验,更加适应现在输电线路建设的现状。

## 附图说明

- [0030] 图1是本发明的一种结构示意图；
- [0031] 图2为T1工况张力较小侧导线张力-位移曲线；
- [0032] 图3为T1工况张力较大侧导线张力-位移曲线；
- [0033] 图4为T2工况张力较小侧导线张力-位移曲线；
- [0034] 图5为T2工况张力较大侧导线张力-位移曲线；
- [0035] 图6为T1工况不平衡张力-位移曲线；
- [0036] 图7为T2工况不平衡张力-位移曲线。
- [0037] 图中：作动器1，悬垂串2，悬垂串固定装置3，左拉力传感器4，导线5，水平张力模拟装置6，左定滑轮7，重物8，右拉力传感器9，右定滑轮10。

## 具体实施方式

- [0038] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步的描述。
- [0039] 如图1所示的实施例中，一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验系统，包括用于定位导线5的定位机构、用于检测导线水平位移的位移检测装置以及用于检测导线受力情况的张力检测装置。定位机构包括与导线左端配合的左定滑轮7以及与导线右端配合的右定滑轮10，左定滑轮和右定滑轮位于同一水平高度。导线的右端连接有作动器1，作动器采用MTS作动器，导线的左端连接水平张力模拟装置6，水平张力模拟装置可对导线提供精确的拉力。
- [0040] 导线的中部连接有悬垂串2，导线的上方设有与悬垂串连接的悬垂串固定装置3，悬垂串在导线不受外力情况下垂直于水平地面，导线在悬垂串的下方悬挂有重物8。位移检测装置包括位移传感器，位移传感器设置在悬垂串上，用于检测悬垂串的水平方向位移。张力检测装置包括左拉力传感器4和右拉力传感器9，左拉力传感器设置在悬垂串左侧的导线上，右拉力传感器设置在悬垂串右侧的导线上。
- [0041] 一种输电线路导线覆冰不平衡张力试验方法，包括以下步骤：
- [0042] a. 根据输电线路实际设计条件的档距 $l$ 和高差 $h$ ，选择正常使用时相应的导线型号和悬垂串型号；
- [0043] b. 计算单位长度下的导线自重荷载 $g_1$ 和单位长度下的覆冰重力荷载 $g_2$ ，得出计算输电线路处于 $i$ 档时的导线竖向荷载 $g$ ：
- [0044]  $g = g_1 + g_2$  (1)，
- [0045] 导线竖向荷载 $g$ 的单位N/m；
- [0046] 单位长度下的导线自重荷载 $g_1$ 计算公式为：
- [0047]  $g_1 = 9.80665 \times p_1$  (2)，
- [0048] 其中， $p_1$ 为导线的单位长度质量，单位kg/m；
- [0049] 单位长度下的覆冰重力荷载 $g_2$ 计算公式为：
- [0050]  $g_2 = 9.80665 \times 0.9\pi\delta(\delta+d) \times 10^{-3}$  (3)，
- [0051]  $\delta$ 为覆冰厚度，单位mm； $d$ 为导线直径，单位mm；
- [0052] c. 计算输电线路处于 $i$ 档时的悬垂串底部受到的竖向荷载 $W$ ，悬垂串底部受到的竖

向荷载W计算公式为:

$$[0053] \quad W = \left( \frac{g_i l_i}{2 \cos \beta_i} - \frac{T_i h_i}{l_i} \right) + \left( \frac{g_{i+1} l_{i+1}}{2 \cos \beta_{i+1}} + \frac{T_{i+1} h_{i+1}}{l_{i+1}} \right) \quad (4)$$

[0054] 其中,T为导线最低点水平张力,单位N;l为档距,单位m;h为高差,单位m; $\beta$ 为高差角,单位 $^{\circ}$ ;悬垂串对导线进行垂直方向的悬挂,由于导线架设在户外,因此导线在悬垂串两侧的档距通常不一致,参数下标i与i+1代表悬垂串两侧第i档和第i+1档,对应两侧导线的档距、高差和高插脚等参数;在悬垂串底部悬挂与W等质量的重物用于模拟悬垂串底部受到的竖向荷载,在试验开始之前,应该计算时应先计算出竖向荷载W,并配比出对应的重物悬挂在悬垂串的下方;

[0055] d.将左拉力传感器和右拉力传感器分别安装在导线上,位移传感器安装到悬垂串上,分别测得初始状态下悬垂串两侧的导线张力,其中张力较小侧导线张力记为 $F_{\min}$ ,张力较大侧导线张力记为 $F_{\max}$ ,计算悬垂串不平衡张力 $F = F_{\max} - F_{\min}$ ,此时水平位移为0;

[0056] e.通过水平张力模拟装置对导线加载导线张力,记录悬垂串的水平位移为S,并测得此状态下悬垂串两侧的导线张力 $F_{\max}$ 和 $F_{\min}$ ,计算次状态下悬垂串的不平衡张力 $F = F_{\max} - F_{\min}$ ;

[0057] f.增加对导线加载的导线张力,并重复e步骤,得出多组不平衡张力F与对应的水平位移S,作出不平衡张力F和水平位移S的关系曲线。

[0058] 依照步骤a进行试验线路设计,悬垂串两侧实际档距l为300m,无高差 $h = 0$ ,导线型号采用LGJ-300/40,悬垂串采用复合绝缘子,结构长度1.85m,额定拉力10t。具体试验工况如下表:

[0059]

工况	$\delta$ 覆冰厚度/mm	覆冰范围
T1	25	单侧
T2	30	单侧

[0060] 依照步骤b中的式2计算T1和T2工况导线自重载荷 $g_1$ 为11.11N/m,依照式3计算T1和T2工况对应的覆冰重力荷载 $g_2$ 为33.92N/m和44.87N/m。依照式1计算得T1和T2工况悬垂串底部附加重物质量为8.42kN和10.06kN。

[0061] 依照步骤d、e、f,在MTS作动器加载时,分别记录T1和T2工况悬垂串两侧覆冰导线张力 $F_{\max}$ 和 $F_{\min}$ 变化情况,如图2和图3所示为T1工况下悬垂串两侧覆冰导线张力随悬垂串水平位移的变化情况,图4和图5所示为T2工况下悬垂串两侧覆冰导线张力随悬垂串水平位移的变化情况。根据图2和图3的导线张力-加载位移曲线,将对应位移下悬垂串两侧覆冰导线张力相减可得到不平衡张力,进一步得到T1工况下悬垂串不平衡张力-位移曲线。根据图4和图5的导线张力-加载位移曲线,将对应位移下悬垂串两侧覆冰导线张力相减可得到不平衡张力,进一步得到T2工况下悬垂串不平衡张力-位移曲线。

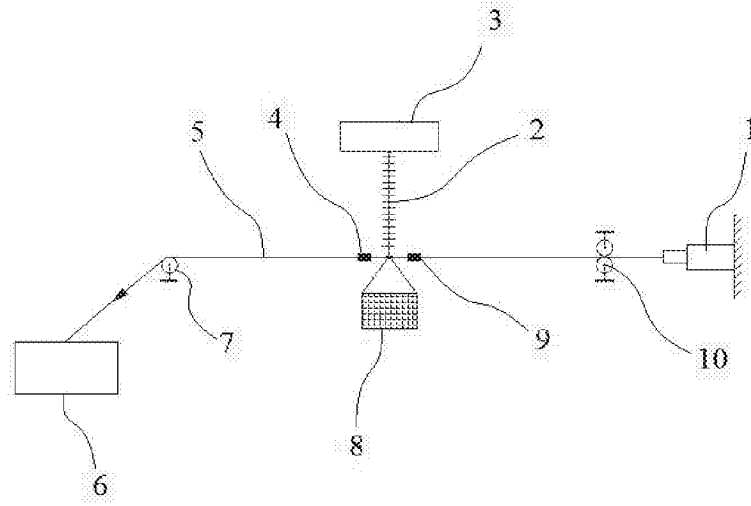


图1

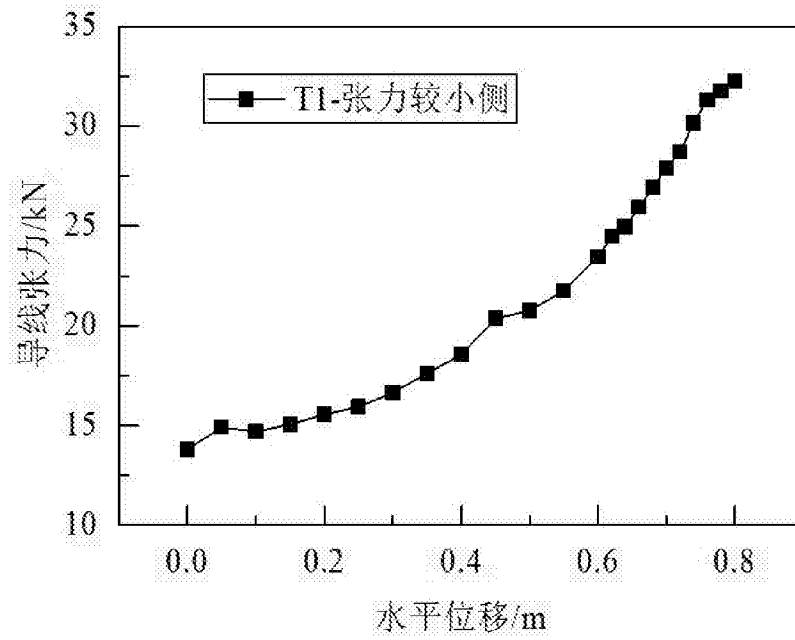


图2



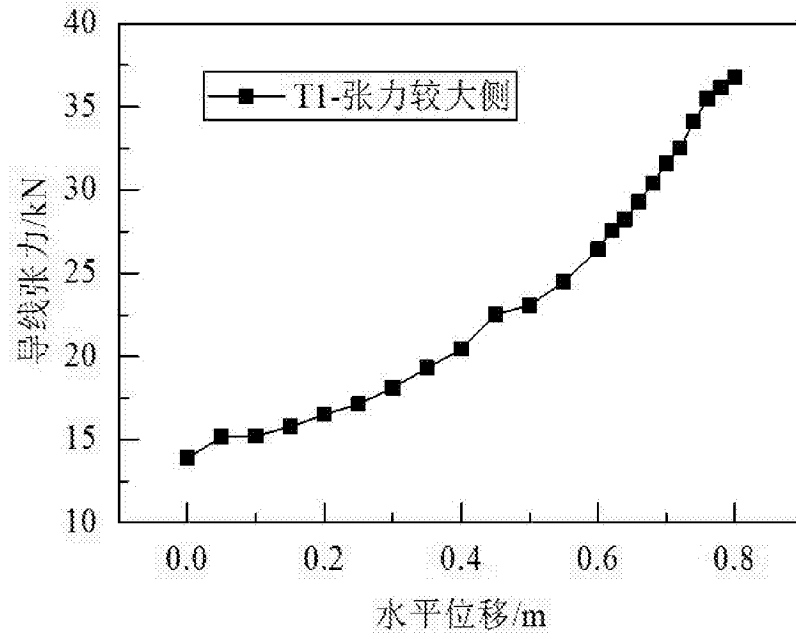


图3

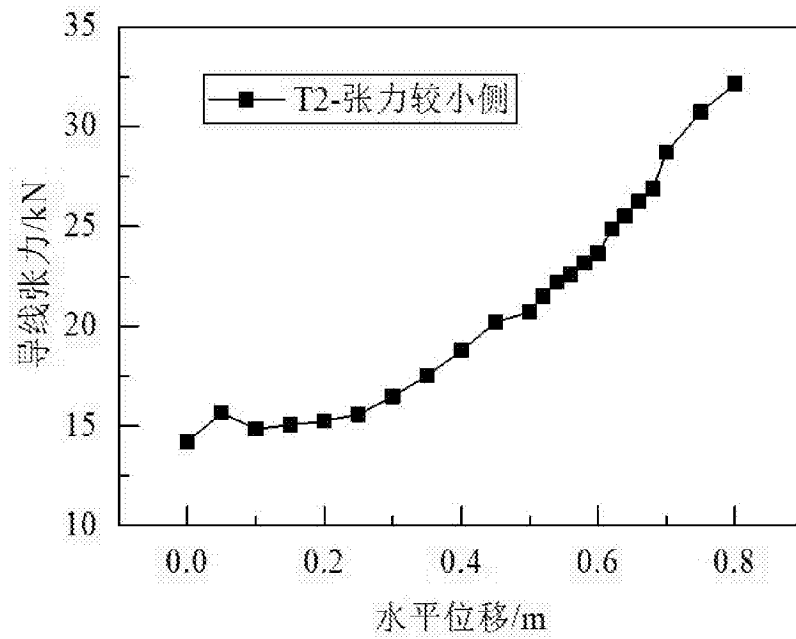


图4

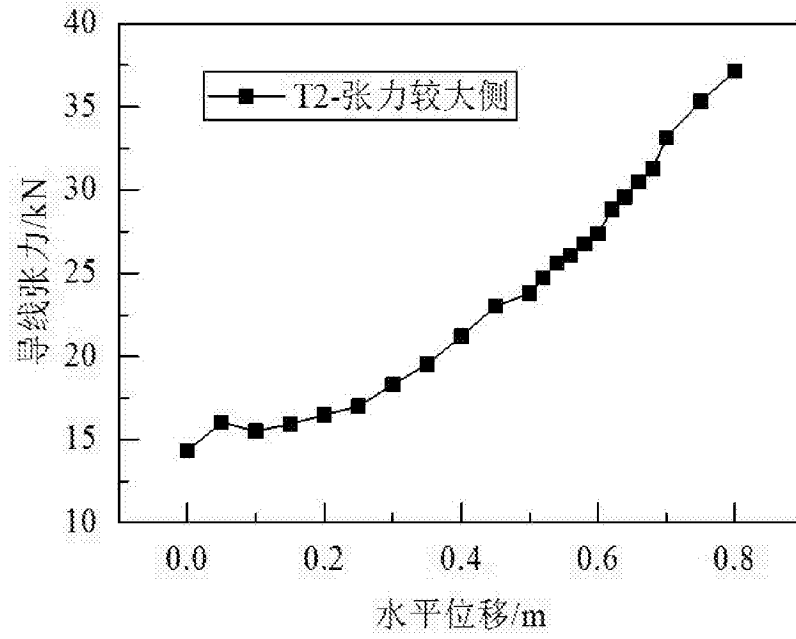


图5

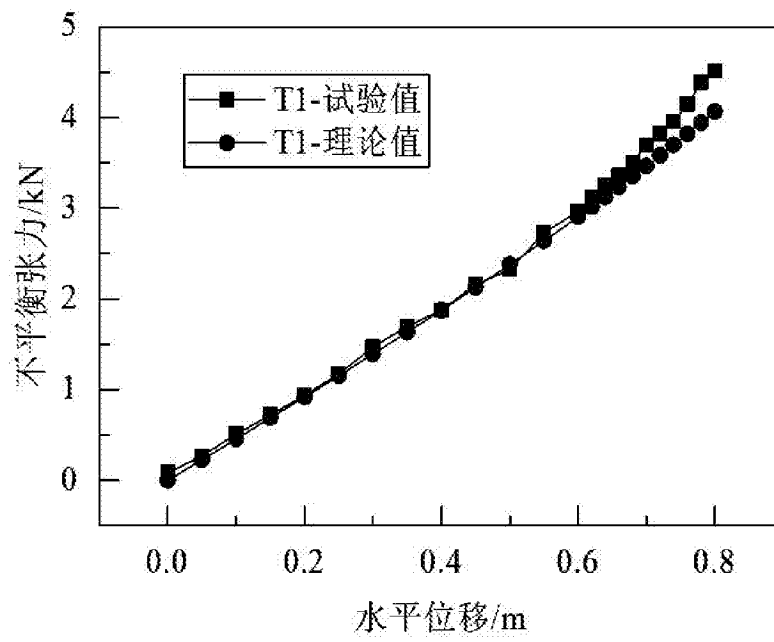


图6

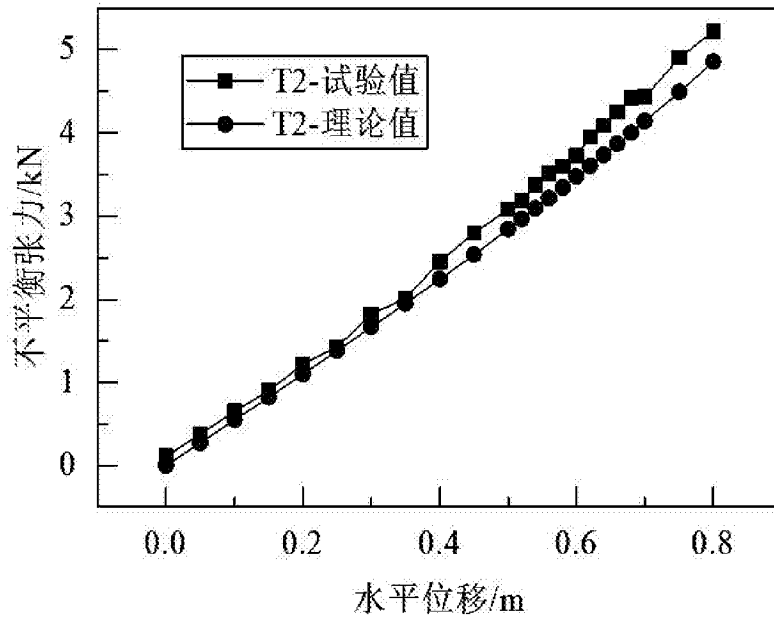


图7