

地面光伏基础计算软件
V1.0 操作手册
说明书

第一部分：概述

1.1 软件简介

针对地面光伏基础计算过程中缺少快速便捷的计算软件，往往需要跨多个软件进行计算，并且缺少定制化需求的问题，结合实际项目中所涉及的地面光伏基础计算的内容开发一款能快速实现光伏基础验算的软件，对于优化光伏基础设计，提高设计速度有重要的促进作用。

软件涉及计算内容有螺旋钢管桩抗拔及抗压的基础验算、桩基的抗倾覆验算、桩基的水平、抗压、抗拔承载力验算。

1.2 开发环境

该软件使用 Microsoft Visual Studio 开发，基于 .NET Framework 框架，采用 C# 编程语言进行编写。具体来说，它是一个 Windows Forms (WinForms) 应用程序，提供了丰富的用户界面和功能，适用于各种桌面应用场景，现版本为 V1.0 版本。

1.3 系统要求

1.3.1 硬件环境

CPU: Inter(R) Core(TM) i7-7700 CPU

内存: 8.00 GB

显示器: 分辨率 1920×1080, 小字体标准模式

磁盘空间: 200MB

1.3.2 软件运行环境

操作系统: Windows 10 及以上

接口软件: 无

输出格式: txt 文件

第二部分：软件功能介绍及操作

2.1 软件界面介绍

软件共设置有四个界面，分别为螺旋钢管桩抗压及抗拔承载力计算、桩的抗倾覆验算、桩基抗压、抗拔及水平承载力计算、土层参数设置。

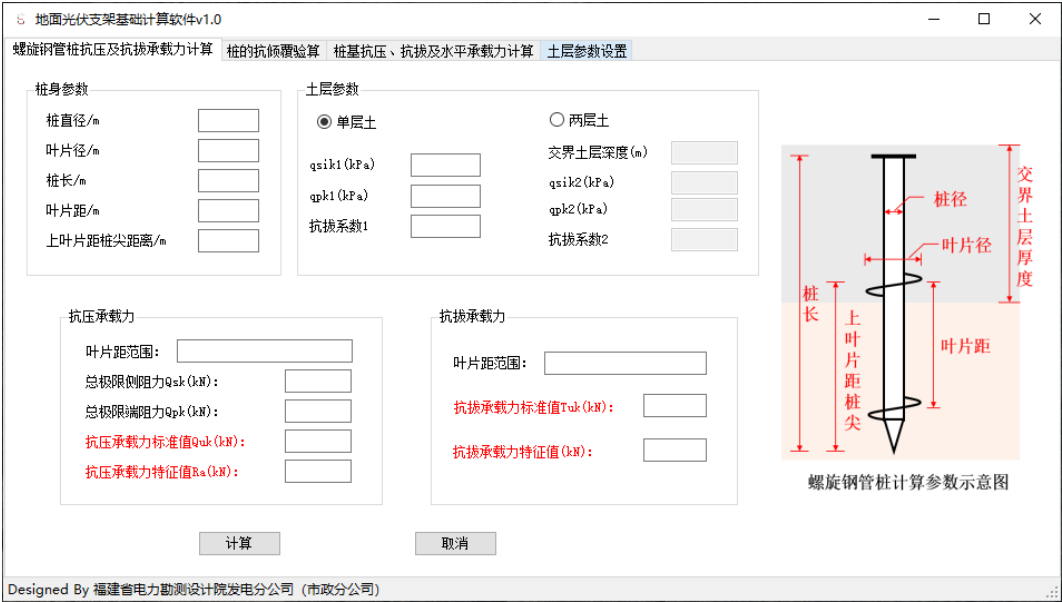


图 2.1 螺旋钢管桩抗压及抗拔承载力计算界面

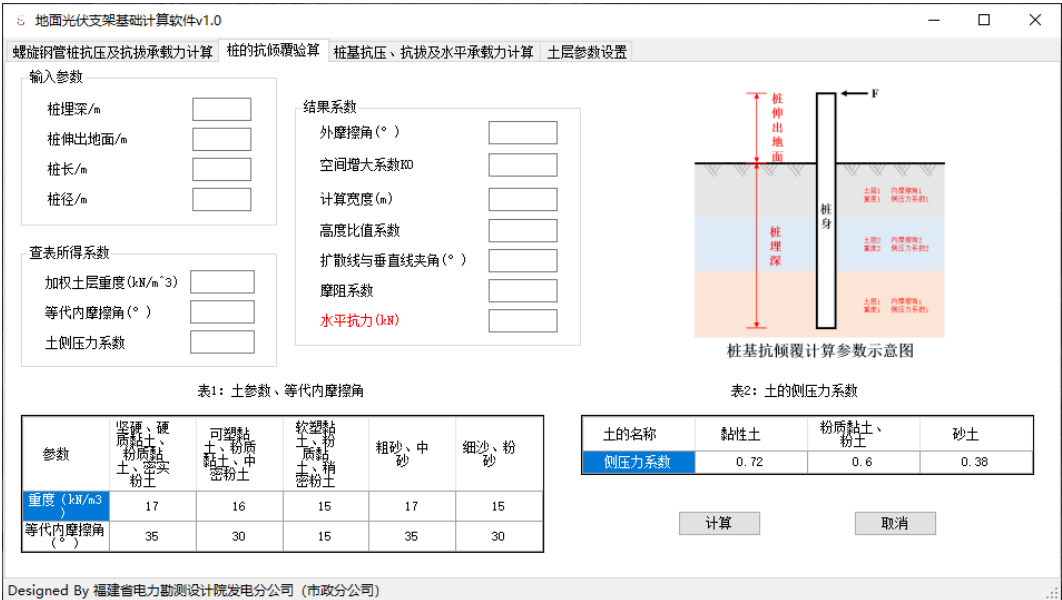


图 2.2 桩的抗倾覆验算界面

地面光伏支架基础计算软件v1.0

螺旋钢管桩抗压及抗拔承载力计算

桩的抗倾覆验算

桩基抗压、抗拔及水平承载力计算

土层参数设置

桩输入参数

桩外径 (m)

桩内径 (m)

保护层厚度 (mm)

桩身配筋率

混凝土强度等级

☐ 指定混凝土强度 (N/mm²)

混凝土模量 E_c (N/mm²)

抗拉强度 E_t (N/mm²)

☐ 指定钢筋弹性模量

钢筋弹模 E_s (N/mm²)

土层参数

☐ 考虑地下水位

地下水位深度 (m)

桩进入持力层深度 (m)

桩计算参数

桩周长 (m)

截面面积 A_j (m²)

截面空心面积 A_{p1} (m²)

扣除保护层 d_0 (m)

换算截面模量 W_0 (m³)

换算截面惯性矩 I_0 (m⁴)

钢筋面积 A_s (m²)

桩身抗弯刚度 (kN·m²)

桩身计算宽度 (m)

桩的水平变形系数 (m⁻¹)

抗力比例系数 (kN/m⁴)

桩顶约束情况

☒ 铰接、自由

☐ 固接

桩顶最大弯矩系数

桩顶水平位移系数

单桩水平承载力验算

桩身强度控制 (桩身配筋率小于0.65%)

桩顶荷载效应组合值

竖向力 (kN) (压力为负)

截面塑性系数

拉力影响系数

水平承载力 (kN)

桩身换算面积 (m²)

压力影响系数

水平位移控制 (桩身配筋率大于0.65%)

桩顶位移允许值 (m)

水平承载力 (kN)

单桩抗拔极限承载力验算

Tuk (kN)

桩自重 (kN)

抗拔特征值 (kN)

单桩竖向极限承载力验算

抗压承载力标准值 (kN)

抗压承载力特征值 (kN)

计算

取消

默认参数

导出计算书

Designed By 福建省电力勘测设计院发电分公司 (市政分公司)

图 2.3 桩基抗压、抗拔及水平承载力计算界面

地面光伏支架基础计算软件v1.0

螺旋钢管桩抗压及抗拔承载力计算

桩的抗倾覆验算

桩基抗压、抗拔及水平承载力计算

土层参数设置

土层层号	土层名称	qsik (kPa)	qpk (kPa)	抗拔系数	该层土层深度 (m)	累计土层深度 (m)	水平抗力比例系数 (kN/m ⁴)

插入

删除

上移

下移

返回计算

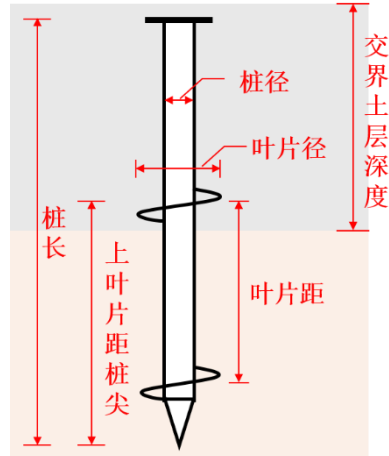
Designed By 福建省电力勘测设计院发电分公司 (市政分公司)

图 2.4 土层参数设置界面

2.2 模块功能介绍

2.2.1 螺旋钢管桩抗压及抗拔承载力计算

软件考虑的光伏螺旋桩在总长范围内有两个叶片，距地面较近叶片为上叶片，桩身输入参数为桩直径、叶片径、桩长、上下叶片的叶片距、上叶片距桩尖距离。各输入参数示意图如图 2.5 所示。



螺旋钢管桩计算参数示意图

图 2.5 桩身参数输入示意图

软件考虑螺旋灌注桩的埋深范围内可能出现有单层土或双层土的情况，用户可通过单选按钮选择土层情况，选择单层土按钮时候第二层的土层信息输入框为灰色且不可选中，选择两层土按钮时触发二层土信息框可输入。软件考虑了交界土层深度可能位于第一层土或第二层土区间内，对其进行自动判断，并分别采用对应公式进行计算。

如图 2.6 所示软件添加了检测空值功能，只有在所需计算参数输入完整时候方可进行计算，否则将弹出提示信息框。

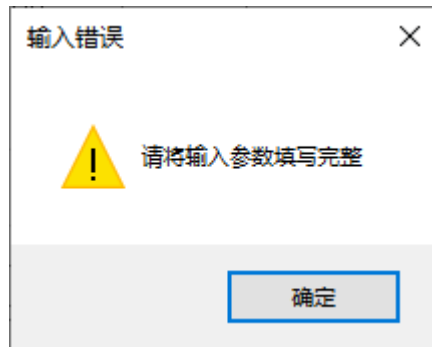


图 2.6 空值提示框

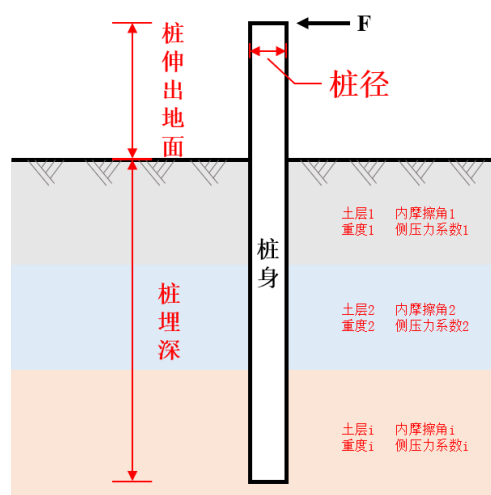
如图 2.7 所示，输入桩身参数及土层参数后点击计算，软件根据《太阳能发电站支架基础技术规范》进行计算，软件自动判断叶片距的范围并输出，并根据叶片距范围计算螺旋钢管桩的抗压承载力标准值及抗拔承载力标准值并输出。



图 2.7 软件进行计算

2.2.2 桩的抗倾覆验算

输入参数中有桩的埋置深度、桩伸出地面的长度、桩的长度（桩埋置深度和桩伸出地面长度之和）、桩的直径，其输入参数的示意图如图 2.8 所示。



桩基抗倾覆计算参数示意图

图 2.8 桩的抗倾覆验算计算参数示意图

另外还需根据桩所处土层情况查表所得系数的有、桩埋置深度范围内各土层的重度的加权平均值、等代内摩擦角的加权平均值、土侧压力系数的加权平均值。用户可根据项目所处土层的实际情况计算后输入，软件也将《光伏支架结构设计规程》的表 8.3.15-1 土参数、等代内摩擦角，表 8.3.15-3 土的侧压力系数写入软

件计算界面中，方便用户查找计算。

如图 2.9 所示用户在填入输入参数及查表所得系数后点击计算，软件可根据输入参数按照《光伏支架结构设计规程》计算方法计算出得出水平抗力及得出水平抗力过程中所得各参数，方便用户与手算过程中的各参数进行校核，过程参数有外摩擦角、空间增大系数、计算宽度、高度比值系数、扩散线与垂直线夹角及摩阻系数，结果参数的详细计算公式可参照《光伏支架架构设计规程》。值得注意的是扩散线与垂直线夹角可通过查表 8.3.15-4 或解式 2.1 一元三次方程得出，软件通过解方程的方法计算得出，省去用户查表输入系数的过程。

$$\theta^3 + \frac{3}{2}\theta^2\eta - \frac{3}{4}\eta - \frac{1}{2} = 0$$

式（2.1）

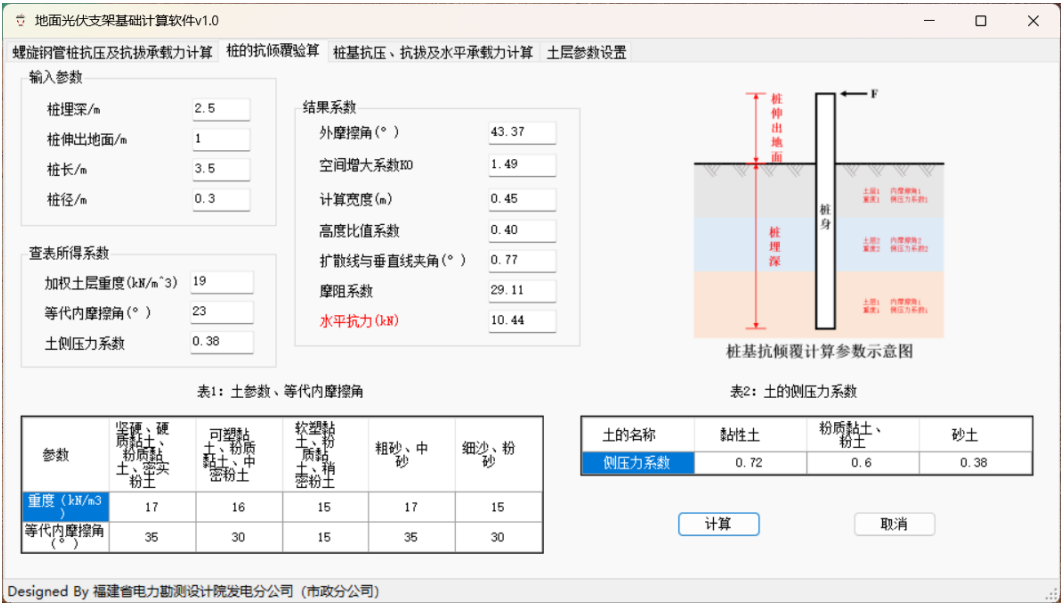


图 2.9 软件进行计算

2.2.3 桩基抗压、抗拔及水平抗拔承载力计算

该界面计算参数可分为三个部分，分别为**桩输入参数**、计算单桩水平承载力时的**额外输入参数**以及**土层参数**。

如图 2.10 由于该界面中涉及到的输入参数较多且较为分散，为了使用户更为直观判断哪些是需要我们手动输入的，软件设置需要输入的输入框背景色为浅蓝色，当输入参数后背景色变成白色，输入参数后删除后文本框又变成浅蓝色，用户只需看界面中不存在浅蓝色文本框即可点击计算。



图 2.10 文本框输入提示

在**桩输入参数**中需要输入的有桩的外直径、桩的内直径（如果为预制空心桩时可按照实际空心直径填入，否则填入 0 即为实心桩）、保护层厚度、混凝土强度等级。混凝土强度等级提供了 C30-C80 的范围区间，当选取对应强度等级后对应的弹性模量及混凝土抗拉强度会随之改变。用户也可根据项目的实际情况指定混凝土弹性模量、抗拉强度及钢筋的弹性模量，如图 2.12 所示点击指定混凝土强度等级及指定钢筋弹性模量后可进行手动输入。



图 2.11 混凝土强度等级输入



图 2.12 指定混凝土强度等级及钢筋弹性模量

在**土层参数输入**中点击土层参数设置按钮可跳转到土层参数添加页面，该页面在土层参数设置模块中介绍。用户可以根据实际情况决定是否要考虑地下水位深度，当地下水位深度位于桩底之下时，此时不影响计算，可不进行地下水位深度的输入，当地下水位位于桩底之上时，桩的抗拔特征值计算时计算桩自重时程序会自动考虑地下水位以下的桩身重量采用浮重度计算。桩进入持力层深度即为桩进入最后一层土层的深度，程序根据该值加上以上土层的深度之和作为桩长代入后续的计算之中。

在填入单桩水平承载力的**额外输入参数**时，根据《建筑桩基技术规范》的 5.7 节桩基水平承载力与位移计算中可知，当桩身配筋率小于 0.65% 时单桩的水平承载力由桩身的强度控制，当桩身配筋率大于 0.65% 时由水平位移控制，因此在输入桩身配筋率之后计算单桩水平承载力的额外输入参数才会被触发，如图 2.13 当配筋率小于 0.65% 时，桩顶荷载效应的竖向力、截面塑性系数、拉力影响系数、压力影响系数输入框触发输入；当配筋率大于 0.65% 时桩顶位移允许值触发输入。

单桩水平承载力验算

桩身强度控制（桩身配筋率小于0.65%）

桩顶荷载效应组合值

竖向力(kN)（压力为负）

截面塑性系数

拉力影响系数

水平承载力(kN)

桩身换算截面面积(m²)

压力影响系数

水平位移控制（桩身配筋率大于0.65%）

桩顶位移允许值(m)

水平承载力(kN)

配筋率大于0.65%

单桩水平承载力验算

桩身强度控制（桩身配筋率小于0.65%）

桩顶荷载效应组合值

竖向力(kN)（压力为负）

截面塑性系数

拉力影响系数

水平承载力(kN)

桩身换算截面面积(m²)

压力影响系数

水平位移控制（桩身配筋率大于0.65%）

桩顶位移允许值(m)

水平承载力(kN)

配筋率小于0.65%

图 2.13 不同配筋率对应输入界面

在输入完土层参数设置后点击计算可得到如图 2.14 所示的计算结果，其中过程参数的计算依据可参照《建筑桩基技术规范》5.7 节桩基水平承载力与位移计算。值得注意的是计算过程中的桩顶最大弯矩系数和桩顶水平位移系数是通过换算埋深的值查表 5.7.2 并且插值得到，因此软件将表 5.7.2 的系数值及对应的换算埋深写入，可通过计算过程中的换算埋深自动插值得到，省去用户去查表的步骤。抗力比例系数是通过土层参数中输入各土层的抗力比例系数，软件根据《建筑桩基技术规范》计算抗力比例系数的要求判断在 $2(d+1)$ （ d 为桩径）范围内容的土层抗力比例系数的个数，然后按照规范要求计算出有效抗力比例系数后代入

后续计算。



图 2.14 软件进行计算

软件设置了默认参数的按钮，点击默认参数按钮后会向保护层厚度、截面塑性系数、压力影响系数、拉力影响系数输入框中填入默认值，用户可根据实际情况进行调整或使用，提高计算效率。

软件还设置导出计算书按钮选项，用户可在不关闭软件情况下改变参数进行多次的计算，在导出的计算结果文件中会对这多次的计算进行保存，点击导出计算书后会让用户选择保存的路径，导出成功后会显示文件存放路径。

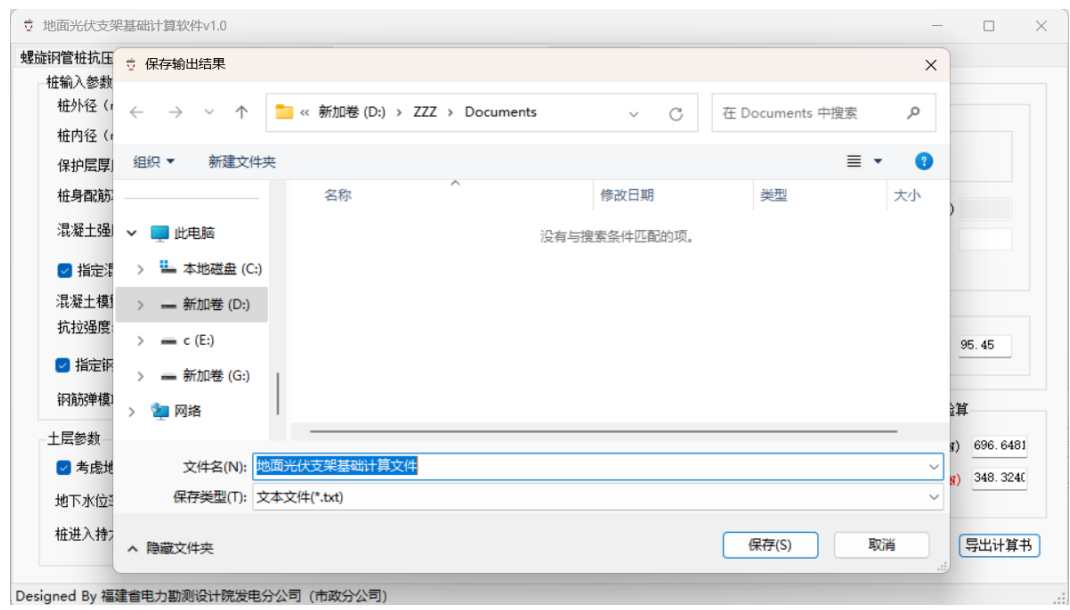


图 2.15 计算结果导出

如图 2.16 所示为软件进行了两次计算之后导出的计算书界面，导出信息包括两次计算的用户输入参数、土层信息、计算全过程参数以及计算结果。

```
*****第1次计算书*****
****用户输入参数****
桩外径:0.8m
桩内径:0.35m (0表示实心桩)
保护层厚度:40mm
桩身配筋率:0.0066
混凝土强度等级:C30MPa, 混凝土弹性模量Ec=30000N/mm^2, ft=1.43N/mm^2
钢筋弹性模量Es:200000N/mm^2
本次计算考虑地下水位: 地下水位深度为1m
桩进入最后一层持力层深度是:2m

***** 土层信息*****
土层层号:1 土层名称:填土      qsik(kPa):30 qpk(kPa):500  抗拔系数:0.7 该层土层深度(m):1  累计土层深度(m):1  水平抗力比例系数(MN/m^4):5
土层层号:2 土层名称:淤泥质土  qsik(kPa):40 qpk(kPa):600  抗拔系数:0.8 该层土层深度(m):1  累计土层深度(m):2  水平抗力比例系数(MN/m^4):6
土层层号:3 土层名称:粉质粘土  qsik(kPa):50 qpk(kPa):700  抗拔系数:0.9 该层土层深度(m):3  累计土层深度(m):5  水平抗力比例系数(MN/m^4):7

*****桩计算参数*****
桩进入土层总长: 4
桩的周长值: 2.51327412287183
桩截面实心面积Aj: 0.40644354955818m^2
桩截面空心面积Ap1: 0.0962112750161874m^2
除去保护层厚度后的桩径d0: 0.72m
换算截面模量w0: 0.0514694235727112m^3
换算截面惯性矩I0: 0.018528992486176m^4
钢筋面积As: 2682.52742708399m^2
柱身抗弯刚度EI: 472489.308397488kN*m^2
柱身计算宽度b0: 1.53m
桩的水平变形系数: 0.463612696668442m^-1
水平抗力比例系数m: 6.6141975308642MN/m^4

行 1, 列 1      100%      Unix (LF)      UTF-8

*****第2次计算书*****
****用户输入参数****
桩外径:0.8m
桩内径:0.5m (0表示实心桩)
保护层厚度:40mm
桩身配筋率:0.0066
混凝土强度等级:C30MPa, 混凝土弹性模量Ec=30000N/mm^2, ft=1.43N/mm^2
钢筋弹性模量Es:200000N/mm^2
本次计算考虑地下水位: 地下水位深度为1m
桩进入最后一层持力层深度是:2m

***** 土层信息*****
土层层号:1 土层名称:填土      qsik(kPa):30 qpk(kPa):500  抗拔系数:0.7 该层土层深度(m):1  累计土层深度(m):1  水平抗力比例系数(MN/m^4):5
土层层号:2 土层名称:淤泥质土  qsik(kPa):40 qpk(kPa):600  抗拔系数:0.8 该层土层深度(m):1  累计土层深度(m):2  水平抗力比例系数(MN/m^4):6
土层层号:3 土层名称:粉质粘土  qsik(kPa):50 qpk(kPa):700  抗拔系数:0.9 该层土层深度(m):3  累计土层深度(m):5  水平抗力比例系数(MN/m^4):7

*****桩计算参数*****
桩进入土层总长: 4
桩的周长值: 2.51327412287183
桩截面实心面积Aj: 0.40644354955818m^2
桩截面空心面积Ap1: 0.0962112750161874m^2
除去保护层厚度后的桩径d0: 0.72m
换算截面模量w0: 0.0514694235727112m^3
换算截面惯性矩I0: 0.018528992486176m^4
钢筋面积As: 2682.52742708399m^2
柱身抗弯刚度EI: 472489.308397488kN*m^2
柱身计算宽度b0: 1.53m
桩的水平变形系数: 0.463612696668442m^-1
水平抗力比例系数m: 6.6141975308642MN/m^4

*****桩顶约束情况*****
本计算选择的桩顶约束情况是:铰接、自由
桩顶最大弯矩系数Vm: 0.601
桩顶水平位移系数Vx: 3.526

*****桩身竖向抗压、抗拔及水平承载力计算*****
*****竖向承载力验算*****
竖向承载力标准值: 738.70624258347kN
竖向承载力特征值: 369.353121291735kN

*****抗拔承载力计算*****抗拔承载力标准值Tuk: 359.398199570672kN
考虑水位后桩自重为: 36.5799194602362kN
抗拔承载力特征值: 216.279019245572kN

*****水平承载力验算*****
桩身配筋率大于0.65%, 水平承载力由水平位移控制
桩顶位移允许值: 0.01m
位移控制的水平承载力为100.146760308579kN

*****第2次计算书*****
****用户输入参数****
桩外径:0.8m
桩内径:0.5m (0表示实心桩)
保护层厚度:40mm
桩身配筋率:0.0066
混凝土强度等级:C30MPa, 混凝土弹性模量Ec=30000N/mm^2, ft=1.43N/mm^2
钢筋弹性模量Es:200000N/mm^2
本次计算考虑地下水位: 地下水位深度为1m
桩进入最后一层持力层深度是:2m

***** 土层信息*****
土层层号:1 土层名称:填土      qsik(kPa):30 qpk(kPa):500  抗拔系数:0.7 该层土层深度(m):1  累计土层深度(m):1  水平抗力比例系数(MN/m^4):5
土层层号:2 土层名称:淤泥质土  qsik(kPa):40 qpk(kPa):600  抗拔系数:0.8 该层土层深度(m):1  累计土层深度(m):2  水平抗力比例系数(MN/m^4):6
土层层号:3 土层名称:粉质粘土  qsik(kPa):50 qpk(kPa):700  抗拔系数:0.9 该层土层深度(m):3  累计土层深度(m):5  水平抗力比例系数(MN/m^4):7

*****桩计算参数*****
桩进入土层总长: 4
桩的周长值: 2.51327412287183
桩截面实心面积Aj: 0.40644354955818m^2
桩截面空心面积Ap1: 0.0962112750161874m^2
除去保护层厚度后的桩径d0: 0.72m
换算截面模量w0: 0.0514694235727112m^3
换算截面惯性矩I0: 0.018528992486176m^4
钢筋面积As: 2682.52742708399m^2
柱身抗弯刚度EI: 472489.308397488kN*m^2
柱身计算宽度b0: 1.53m
桩的水平变形系数: 0.463612696668442m^-1
水平抗力比例系数m: 6.6141975308642MN/m^4

*****桩顶约束情况*****
本计算选择的桩顶约束情况是:铰接、自由
桩顶最大弯矩系数Vm: 0.601
桩顶水平位移系数Vx: 3.526

*****桩身竖向抗压、抗拔及水平承载力计算*****
*****竖向承载力验算*****
竖向承载力标准值: 738.70624258347kN
竖向承载力特征值: 369.353121291735kN

*****抗拔承载力计算*****抗拔承载力标准值Tuk: 359.398199570672kN
考虑水位后桩自重为: 36.5799194602362kN
抗拔承载力特征值: 216.279019245572kN

*****水平承载力验算*****
桩身配筋率大于0.65%, 水平承载力由水平位移控制
桩顶位移允许值: 0.01m
位移控制的水平承载力为100.146760308579kN
```

图 2.16 计算书展示

2.2.4 土层参数设置

在桩基水平承载力中若未进行土层参数的设置点击计算时会自动跳转至土

层参数设置界面。

在土层参数设置中侧边设置有插入、删除、上移、下移、返回计算按钮。点击插入即可往表格中插入一行土层参数；选中当前行或者当前一个表格后点击删除即可删除当前行或者表格所在的行；点击上移或下移按钮可将当前行或当前表格所在行向上移动或向下移动一行，当未选中行或表格时点击删除、上移、下移则会触发警告，如图 2.17 所示。

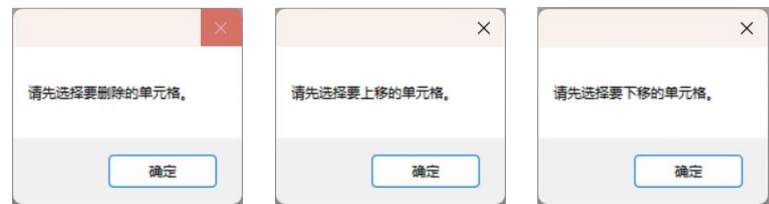


图 2.17 警告提示框

土层参数设置中需要填入参数有土层层号、土层名称、qsik、qpk、抗拔系数、该层土层深度、水平抗力比例系数，累计土层深度可自动根据该层土层深度这一列计算得到，土层名称中提供了如图 2.18 所示供用户选择，其余参数用户可根据项目中桩所在的土层实际情况填入即可。



图 2.18 土层参数设置

参考规范

- 《混凝土结构设计规范》
- 《建筑桩基技术规范》
- 《建筑地基基础设计规范》
- 《光伏支架结构设计规程》
- 《太阳能发电站支架基础技术规范》