

复合土钉墙设计软件

(SuperSoilNail)

使用说明书

建研地基基础工程有限责任公司

2026

免责声明

复合土钉墙设计软件（以下也称 SuperSoilNail 软件或软件）在开发阶段经过了严格测试，软件提供了详细的计算过程表达，但用户应该清楚在程序的准确性或可靠性方面，开发者未做任何直接或暗示性的担保，使用者必须了解程序的假定并在正式应用前独立核查结果，对于软件在使用过程中的疑难问题应该及时和开发者联系。

联系人：陈伟

联系电话：（010）64694958

电子邮箱：JydjSoft@163.com

目 录

第一章 软件概况	1
一、功能	1
二、运行环境及数据保护	1
第二章 操作步骤	2
一、数据输入	2
1.1、基本参数	3
1.2、土层和钉锚参数	4
二、设计计算步骤	6
2.1 初算钉锚	6
2.2 隆起验算	7
2.3 渗流验算	7
2.4 突涌验算	8
2.5 整体稳定计算	8
2.6 变形估算	11
2.7 计算书	13
2.8 施工图	14
2.9 计算碳排放	15
第三章 技术条件	18
一、复合土钉墙基坑支护技术规范	18
5.2 土钉长度及杆体截面确定	18
5.3 基坑稳定性验算	22
二、建筑基坑支护技术规程	28
5.1 稳定性验算	28
5.2 土钉承载力计算	31

附 录	36
-----------	----

第一章 软件概况

一、功能

SuperSoilNail 软件是复合土钉墙设计软件，主要功能如下：

1、软件根据最新颁布的《复合土钉墙基坑支护技术规范》(GB50739-2011)和《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012)编制而成，可进行复合土钉墙的设计计算，包括钉锚长度计算、隆起验算、渗流验算、突涌验算、整体稳定验算等内容。

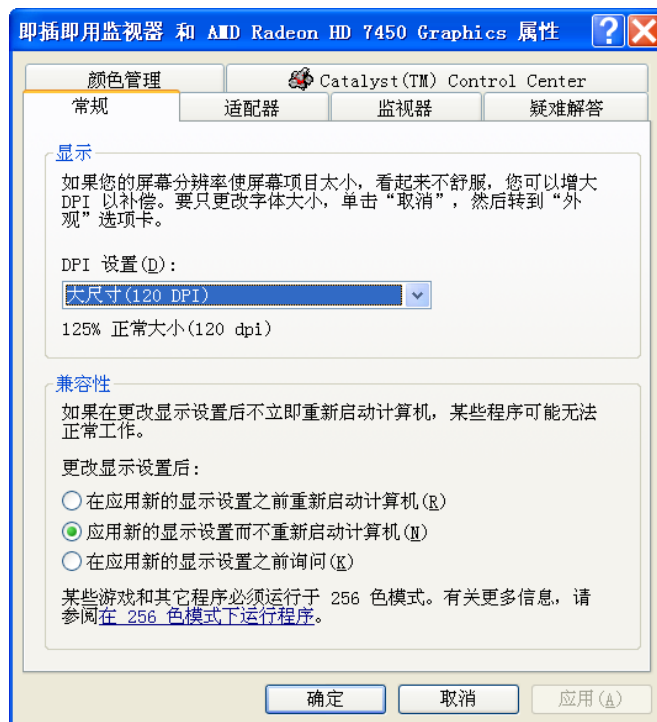
2、软件对于计算结果，均提供了图文并茂的 rtf 格式的计算书，计算书可以导入到 Microsoft Word 软件中，供用户详细检查和修改计算过程。

3、软件提供了和 AutoCAD 的接口，可以将软件的图形成果通过 dxf 文件导入到 AutoCAD 中，供用户进一步修改和丰富设计成果。

二、运行环境及数据保护

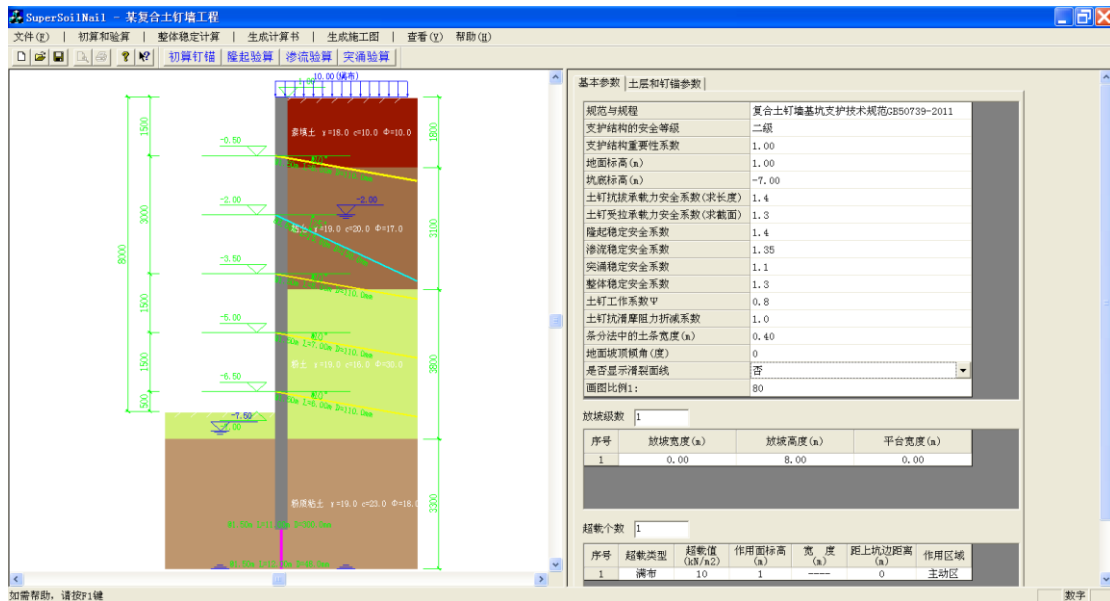
SuperSoilNail 软件是 Windows 应用程序，可以在 Windows XP、Windows 7、Windows 10 和 Windows11 操作系统下运行。

软件的最佳分辨率：dpi=120，即是标准字体 dpi=96 的 1.25 倍，在 Windows XP 下的设置对话框如下图所示：



第二章 操作步骤

双击安装目录【默认为：C:\Program Files\建研地基基础工程有限责任公司\复合土钉墙设计软件】下的 SuperSoilNail.exe 文件，启动软件，如下图所示：



软件左侧区域显示了复合土钉墙的计算简图，右侧区域则显示了用户数据输入的界面等。

一、数据输入

软件的右侧区域提供了以属性表单管理的两个属性页界面，可供用户输入复合土钉墙的设计数据。两个属性页的用户界面如下所示：

1.1、基本参数

基本参数 土层和锚锚参数	
规范与规程	复合土钉墙基坑支护技术规范GB50739-2011
支护结构的安全等级	二级
支护结构重要性系数	1.00
地面标高(m)	1.00
坑底标高(m)	-7.00
土钉抗拔承载力安全系数(求长度)	1.4
土钉受拉承载力安全系数(求截面)	1.3
隆起稳定安全系数	1.4
渗流稳定安全系数	1.35
突涌稳定安全系数	1.1
整体稳定安全系数	1.3
土钉工作系数 Ψ	0.8
土钉抗滑摩阻力折减系数	1.0
条分法中的土条宽度(m)	0.40
地面坡顶倾角(度)	0
是否显示滑裂面线	否
画图比例1:	100

放坡级数 1			
序号	放坡宽度(m)	放坡高度(m)	平台宽度(m)
1	0.00	8.00	0.00

超载个数 1						
序号	超载类型	超载值(kN/m ²)	作用面标高(m)	宽 度(m)	距上坑边距离(m)	作用区域
1	满布	20	0.00	----	1.20	主动区

在此属性页中除了可输入复合土钉墙的选用规范、地面标高、坑底标高、安全系数等基本参数，还可输入复合土钉墙的放坡参数、超载参数等数据。

1.2、土层和钉锚参数

基本参数

土层和钉锚参数

土层数

4

序号	土层名称	层厚 (m)	层底标高 (m)	容重 (kN/m ³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	与锚固体摩 阻力 (kPa)	与土钉摩 阻力 (kPa)
1	素填土	1.8	-0.80	18	10	10	40	40
2	粘土	3.1	-3.90	19	20	17	70	55
3	粉土	3.8	-7.70	19	16	30	80	65
4	粉质粘土	6.3	-14.00	19	23	18	80	60

水层数

2

序号	水层顶标高(m)	水层底标高(m)	分布区域
1	-2	-11.00	坑外
2	-7.5	-11.00	坑内

土钉层数

4

土钉施工超挖深度(m)

0.3

序号	土钉标高 (m)	水平间距 (m)	入射角 (度)	钻孔直径 (mm)	土钉长度 (m)	材 料
1	-0.50	1.50	10	110	8	HRB335钢筋
2	-3.50	1.50	10	110	8	HRB335钢筋
3	-5.00	1.50	10	110	7	HRB335钢筋
4	-6.50	1.50	10	110	6	HRB335钢筋

锚杆层数

1

锚杆施工超挖深度(m)

0.5

锚杆扩大头信息

序号	锚杆标高 (m)	水平间距 (m)	入射角 (度)	总长度 (m)	锚固段 长度(m)	锚固体 直径(mm)	抗拉力 (kN)	发挥 系数	锚杆材料
1	-2.00	3.6	25	15	10	150	300	0.6	钢绞线1860

竖向增强体道数

2

序号	到坡顶水 平距离(m)	水平间距 (m)	入射角 (度)	钻孔直径 (mm)	有效长度 (m)	发挥 系数	抗剪力 (kN)	材料
1	0.15	1.5	90	48	12	0.4	10	Φ48X3.5钢管
2	0.15	1.5	90	300	11	0.3	10	搅拌桩

在此属性页中可输入复合土钉墙基坑内外的土体参数、水参数、土钉参数、锚杆参数、竖向增强体参数等数据。

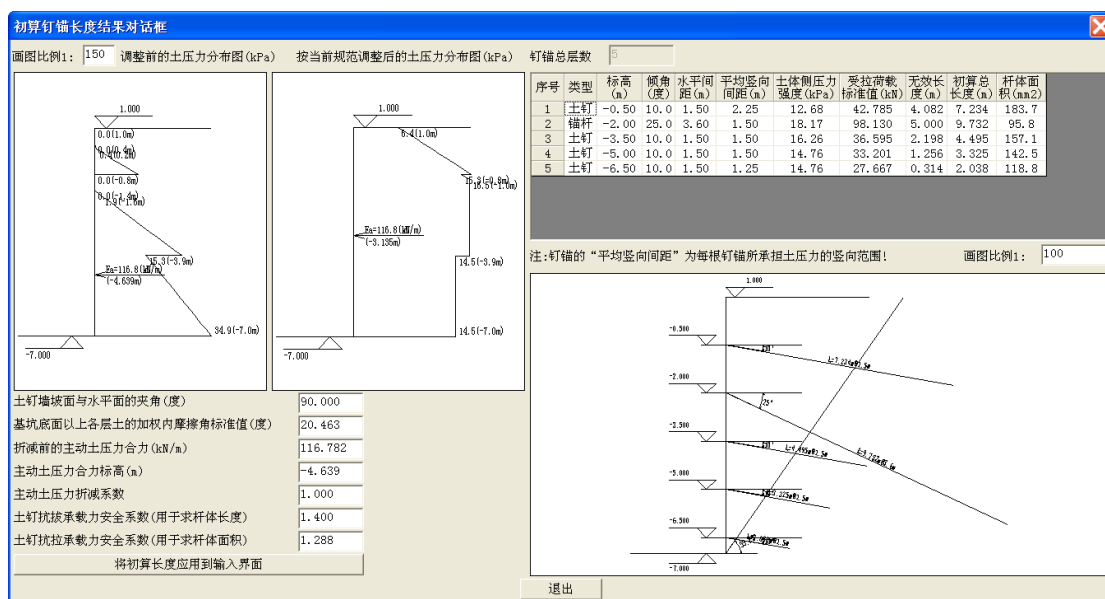
点击“取公共参数”会弹出如下图对话框，用以获取公共参数。即按照勘察规范土层编号和名称进行土层参数输入。注意将土层编号和土层名称对应输入，土层编号和土层名称之间要用空格隔开。如共用的土层名称为“①1 杂填土”，如果存在该土层且该土层位于第1层，则在“输入土层的编号”表格中的第一行应输入“①1”，以此类推。

编号	土层名称	层厚(m)	层底标高(m)	容重(kN/m ³)	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)	锚杆摩阻力(kPa)	土钉摩阻力(kPa)	E _s (MPa)	白松北μ
①1	杂填土	3	-3.00	18.5	0	18.0	40.0	30.0	3.0	1.3E
①2	黏质粉土	3	-6.00	19.5	14.9	20.5	40.0	30.0	6.0	1.3E
②1	黏质粉土	3	-9.00	19.6	19.4	17.6	100.0	80.0	8.0	1.3C
②2	砂质粉土	3	-12.00	19.2	13.5	26.8	100.0	80.0	11.0	1.3C
③1	砂质粉土	3	-15.00	19.6	12.4	27.2	100.0	80.0	12.0	1.31
④	粉质黏土	3	-18.00	19.7	26.2	13.9	55.0	45.0	6.0	1.34
⑤	粉质黏土	3	-21.00	19.6	27.3	11.8	55.0	45.0	6.0	1.34
⑥1	砂质粉土	3	-24.00	20.3	14.9	23.5	100.0	80.0	13.0	1.3C

二、设计计算步骤

2.1 初算钉锚

点击主菜单“初算和验算”中的子菜单“初算钉锚长度”，或者点击工具栏“初算钉锚”，弹出如下“初算钉锚长度结果对话框”：



在此对话框中，软件完成以下工作：

1、首先根据用户在“基本参数”属性页中选取的规范种类，对复合土钉墙的土压力分布进行调整；结果显示在对话框的左上区域。

2、软件计算土钉墙坡面与水平面的夹角等参数；结果显示在对话框的左下区域。

3、软件计算滑裂面角 β ，然后根据调整后的土压力，按每层土钉或锚杆（以下称钉锚）承担土压力的范围（以该层钉锚的标高为起点，往上取其上层钉锚竖向间距的 1/2，往下取其下层钉锚竖向间距的 1/2），计算此范围内的土压力，完全分配给此层钉锚承担，据此计算出此层钉锚平衡土压力所需的

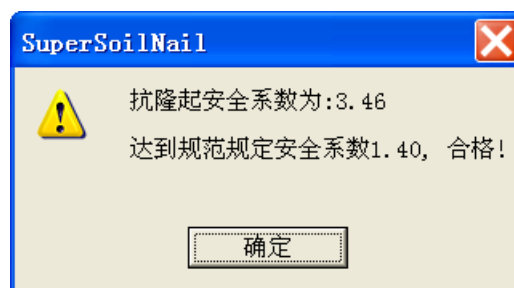
在滑裂面以外的长度，进而计算出总长度；结果以表格的形式显示在对话框的右上区域。

4、将初算钉锚长度的计算结果绘制成图形，显示在对话框的右下区域。

用户可以修改对话框右上区域的计算结果，然后点击对话框中的按钮“将初算长度应用到输入界面”，可以直接将钉锚的初算总长度输入到“1.2 土层和钉锚参数”属性页中的“土钉长度”表格中。

2.2 隆起验算

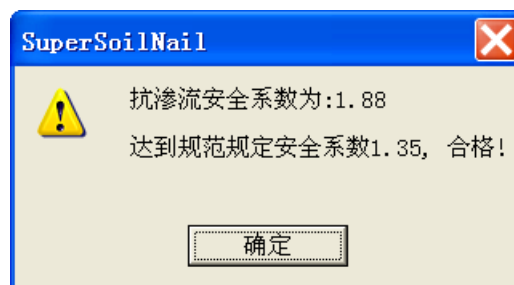
点击主菜单“初算和验算”中的子菜单“隆起验算”，或者点击工具栏“隆起验算”，软件显示隆起验算的结果，如下图所示：



注意：此时软件只给出了抗隆起验算的安全系数和结果，详细的抗隆起验算过程，列在用户点击“生成计算书”菜单后得到的计算书中。

2.3 渗流验算

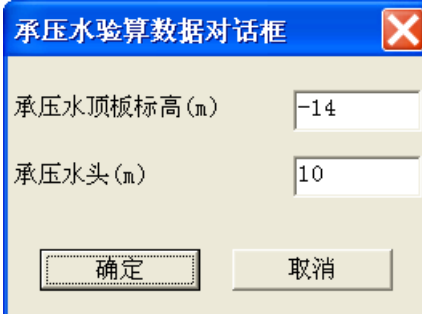
点击主菜单“初算和验算”中的子菜单“渗流验算”，或者点击工具栏“渗流验算”，软件显示渗流验算的结果，如下图所示：



注意：此时软件只给出了抗渗流验算的安全系数和结果，详细的抗渗流验算过程，列在用户点击“生成计算书”菜单后得到的计算书中。

2.4 突涌验算

点击主菜单“初算和验算”中的子菜单“突涌验算”，或者点击工具栏“突涌验算”，软件弹出如下“承压水验算数据对话框”：

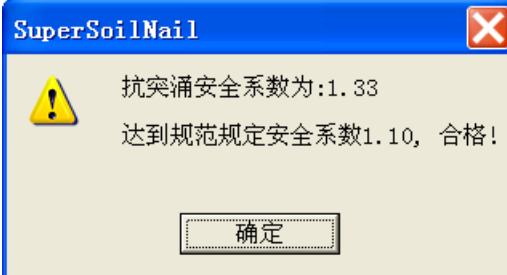


承压水验算数据对话框

承压水顶板标高(m)

承压水头(m)

用户输入“承压水顶板标高(m)”和“承压水头(m)”后，点击“确定”按钮，软件进行突涌验算，并显示验算结果，如下图所示：



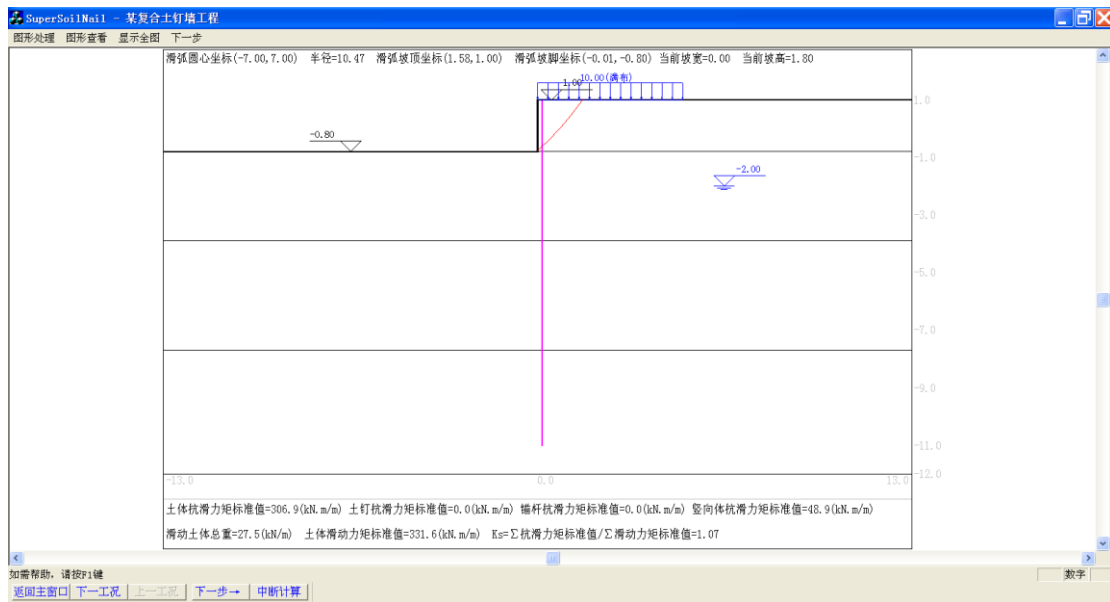
SuperSoilNail

⚠ 抗突涌安全系数为:1.33
达到规范规定安全系数1.10, 合格!

注意：此时软件只给出了抗突涌验算的安全系数和结果，详细的抗突涌渗流验算过程，列在用户点击“生成计算书”菜单后得到的计算书中。

2.5 整体稳定计算

点击主菜单“整体稳定计算”，软件分工况计算复合土钉墙的整体稳定安全系数，当计算完成后，计算结果如下图所示：

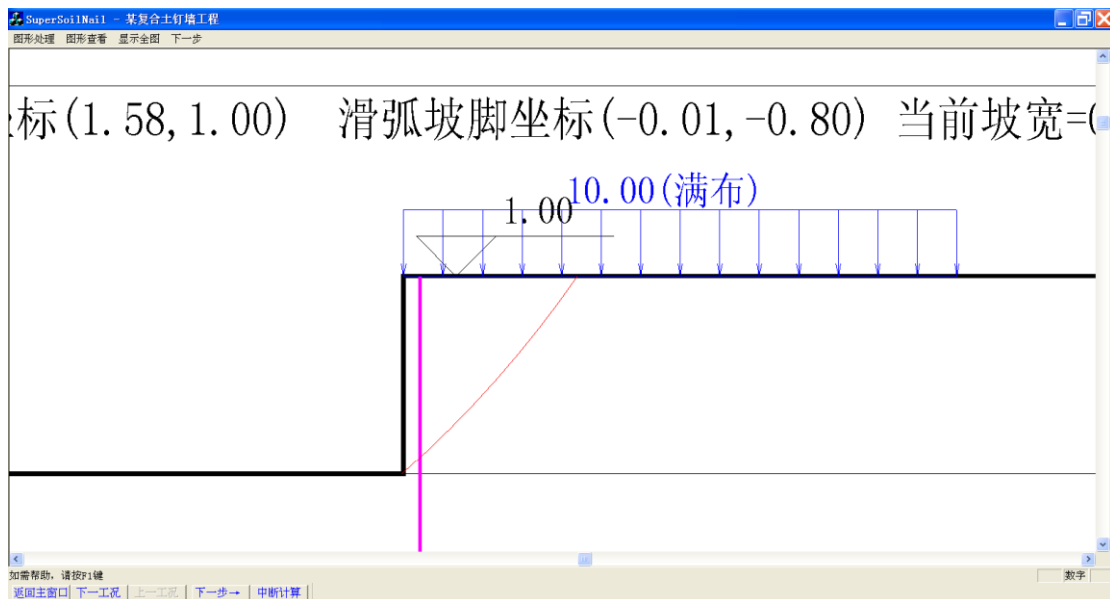


图中显示的是第 1 个工况的计算结果，为充满显示。包括滑弧的圆心坐标，半径；当前坡宽、坡高；土体抗滑力矩标准值、土钉抗滑力矩标准值、锚杆抗滑力矩标准值、竖向增加体抗滑力矩标准值；滑动土体总重、土体滑动力矩标准值。

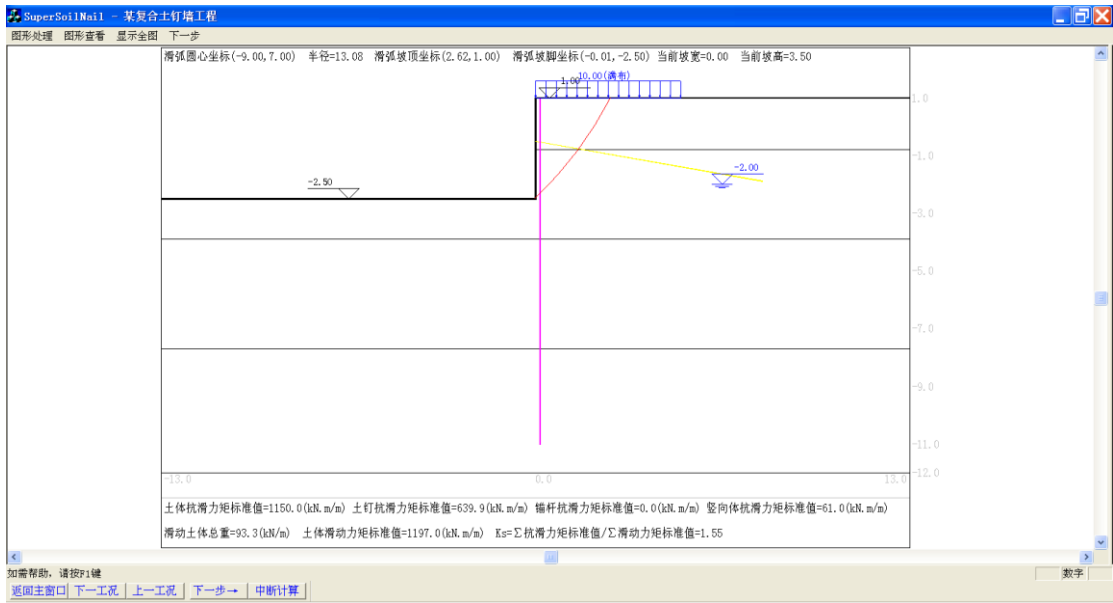
$$\text{整体稳定安全系数 } K = \frac{\sum \text{抗滑力矩标准值}}{\sum \text{滑动力矩标准值}}$$

注意：软件支持计算结果显示的实时平移和实时缩放，方便用户查看计算结果的细节。在任何显示状态下，只需点击主菜单“显示全图”，均回到充满显示的状态。

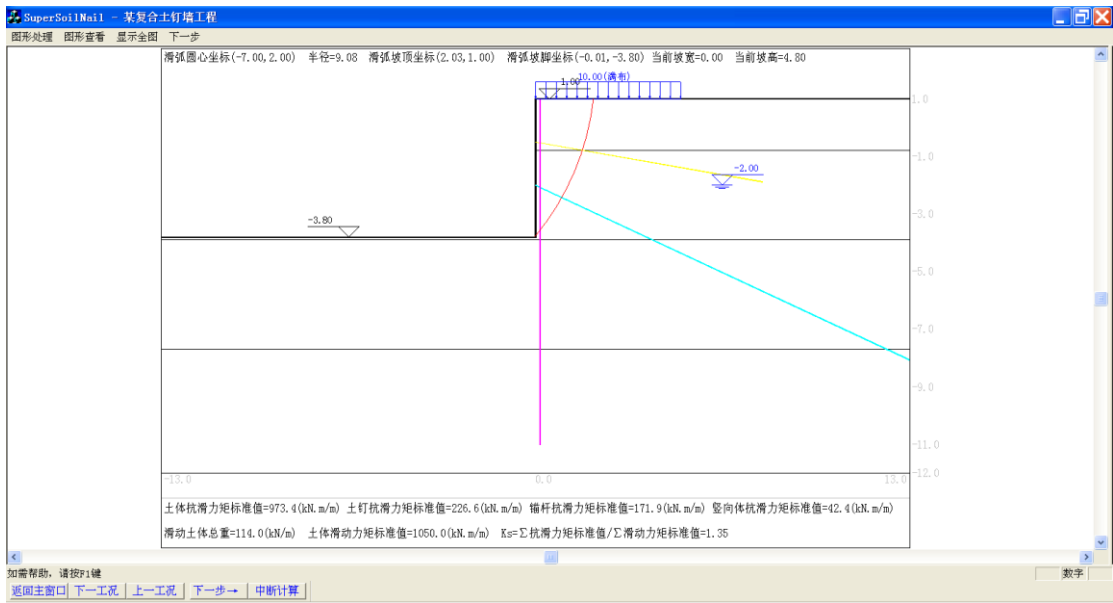
下图为第 1 工况实时平移和实时缩放后的结果：



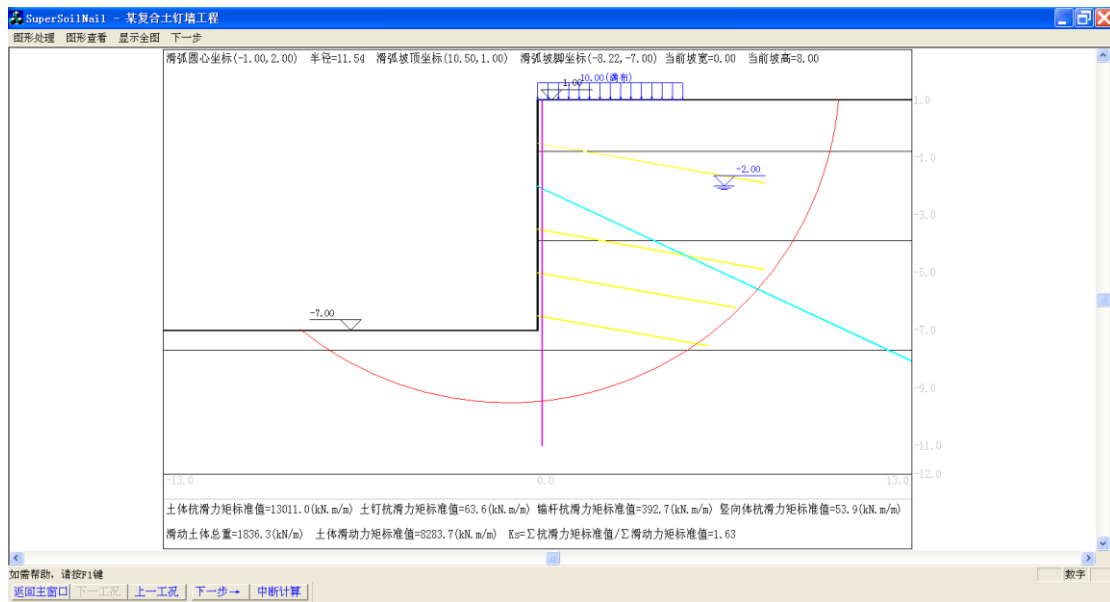
继续点击按钮“**下一工况**”，显示当前工况的下一工况计算结果，如第 2 工况计算结果如下图所示：



第 3 工况的计算结果如下图所示：



……，最后一个工况的计算结果如下图所示：



注意：此时“下一工况”按钮变灰，表明已显示到最后一个计算工况！

点击“**上一工况**”按钮，可以返回查看当前工况的上一工况的计算结果。

点击“**中断计算**”按钮，将中断当前的整体稳定计算，软件返回到主界面。

2.6 变形估算

在复合土钉墙的整体稳定计算结果显示的界面中，点击主菜单中的“**下一步**”菜单或者工具栏中“**下一步→**”按钮，软件结束整体稳定计算，弹出下图所示的“土钉墙变形估算对话框”：

土钉墙变形估算对话框

补充输入土层压缩模量 E_s 和泊松比 μ 数据:

序号	土层名称	土层厚度 (m)	压缩模量 E_s (MPa)	泊松比 μ
1	素填土	1.80	3	0.5
2	粘土	3.10	6	0.4
3	粉土	3.80	10	0.3
4	粉质粘土	6.30	8	0.35

墙顶水平位移(mm)

墙顶沉降(mm)

在对话框中输入各层土的压缩模量 E_s 和泊松比 μ ，然后点击按钮“**变形估算**”，软件计算复合土钉墙顶的水平位移和墙顶沉降，计算结果如下图所示：

土钉墙变形估算对话框

补充输入土层压缩模量 E_s 和泊松比 μ 数据:

序号	土层名称	土层厚度 (m)	压缩模量 E_s (MPa)	泊松比 μ
1	素填土	1.80	3	0.5
2	粘土	3.10	6	0.4
3	粉土	3.80	10	0.3
4	粉质粘土	6.30	8	0.35

墙顶水平位移(mm)

墙顶沉降(mm)

点击按钮“**中断计算**”结束复合土钉墙的变形估算，返回到主界面。

2.7 计算书

点击主菜单“生成计算书”，软件生成详细的图文并茂的复合土钉墙设计计算书，如下图所示（局部）：

计算书

原始输入数据

基本参数:

规范与规程	复合土钉墙基坑支护技术规范GB50739-2011
基坑等级	二级
基坑侧壁重要性系数	1.00
地面标高(m)	1.00
坑底标高(m)	-7.00
土钉抗拔承载力安全系数(求长度)	1.4
土钉受拉承载力安全系数(求截面)	1.3
隆起稳定安全系数	1.4
渗流稳定安全系数	1.35
突涌稳定安全系数	1.1
整体稳定安全系数	1.3
土压力调整系数 η_b	0.8
土钉抗滑摩阻力折减系数	1.0
条分法中的土条宽度(m)	0.40
地面坡顶倾角(度)	0

土钉墙放坡级数=1

序号	放坡宽度(m)	放坡高度(m)	平台宽度(m)
1	0.00	0.00	0.00

确定

计算书所包含的主要项目有：

- 1、原始输入数据
- 2、计算简图
- 3、隆起验算
- 4、渗流验算
- 5、突涌验算
- 6、土钉、锚杆承载力验算
- 7、整体稳定验算
- 8、变形估算

在计算书中按下鼠标右键，弹出如下菜单：

全选
剪切
拷贝
粘贴

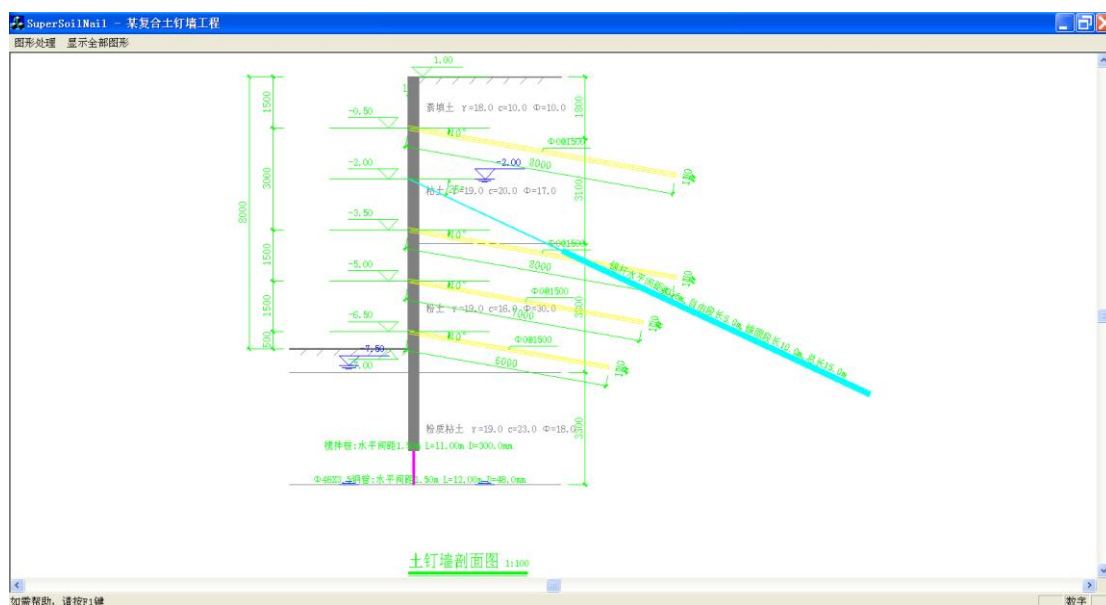
打开RTF
保存RTF

用鼠标左键点击菜单项，可对计算书进行相应的操作。

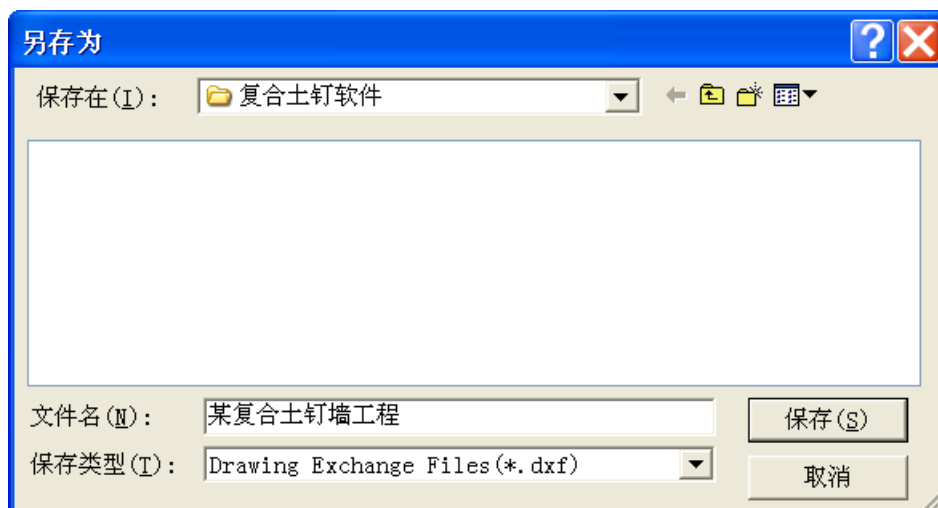
说明：为了在计算书中获得显示效果良好的图形，用户需确保这些图形在屏幕上充满显示的。

2.8 施工图

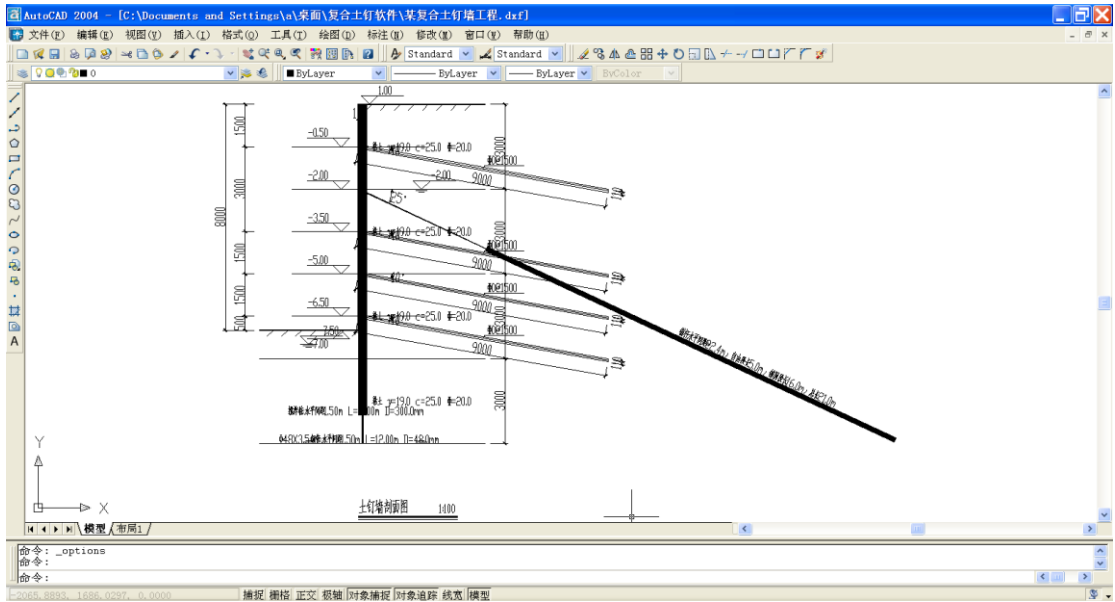
点击主菜单“生成施工图”，软件生成复合土钉墙的施工图，如下图所示：



点击“图形处理”主菜单中的“ 存为dxf文件 ”菜单，弹出如下对话框：



在其中输入 dxf 文件名称，可以将复合土钉墙的施工图保存成 dxf 文件，并在 AutoCAD 中打开显示，如下图所示：



2.9 计算碳排放

点击主菜单中的“计算碳排放”，弹出如下对话框：

土钉墙体系计算碳排放补充数据对话框

当前文件代表的剖面号	1-1
当前剖面号代表的基坑边线段号[多段用逗号隔开]	AB, BC, EF
每段基坑下口线长度(m) [多段用逗号隔开]	30, 20, 25
每段基坑上口线长度(m) [多段用逗号隔开]	33, 22, 27.5
基坑边线起点是否布置土钉	是
基坑边线终点是否布置土钉	否
土钉布置方式	梅花型
面层种类	喷射混凝土
面层厚度(mm)	80
面层网片类型	钢筋网
钢筋网直径(mm)	8
网片间距(mm)	200
纵横加强钢筋直径(mm)	16
纵横加强钢筋间距(m)	1.5
钢腰梁材料	槽钢
钢腰梁名称	[16a号槽钢
土钉支架间距(m)	2.5
土钉支架钢筋直径(mm)	6
土钉中单根支架钢筋长度(m)	0.12
土钉中支架钢筋方向数	3
锚杆支架间距(m)	1.5
锚杆支架钢筋直径(mm)	6
锚杆中单根支架钢筋长度(m)	0.12
锚杆中支架钢筋方向数	5
坡顶返边长度(m)	1
压顶钢筋道数	2

锚杆层数 1

序号	施工设备	是否回收
1	土层锚杆钻机	----

竖向增强体层数 2

序号	施工方法	是否回收
1	打入	----
2	深层搅拌桩	----

钢腰梁道数 1

序号	施工设备	是否回收
1	----	是

确定 取消

在此对话框中输入相关参数，点“确定”后进入工程量计算，如下所示：

工程量统计对话框														
1. 土钉 2. 面层 3. 锚杆 4. 钢腰梁 5. 竖向水泥土桩 6. 竖向打入增强体														
序号	剖面号	位置	边线长度(m)	第几道	土钉类别	杆体直径(mm)	土钉长度(m)	土钉根数	支架筋直径(mm)	支架筋重量调整系数	支架筋重量(t)	土钉总长调整系数	土钉总长(m)	
1	1-1	AB	30	1	HRB400钢筋	20	9	20	6	1.0	0.005	1.0	180.0	
2				2	HRB400钢筋	20	9	20	6	1.0	0.005	1.0	180.0	
3				3	HRB400钢筋	20	9	20	6	1.0	0.005	1.0	180.0	
4				4	HRB400钢筋	20	9	20	6	1.0	0.005	1.0	180.0	
5		BC	20	1	HRB400钢筋	20	9	14	6	1.0	0.003	1.0	126.0	
6				2	HRB400钢筋	20	9	14	6	1.0	0.003	1.0	126.0	
7				3	HRB400钢筋	20	9	14	6	1.0	0.003	1.0	126.0	
8				4	HRB400钢筋	20	9	14	6	1.0	0.003	1.0	126.0	
9		EF	25	1	HRB400钢筋	20	9	17	6	1.0	0.004	1.0	153.0	
10				2	HRB400钢筋	20	9	17	6	1.0	0.004	1.0	153.0	
11				3	HRB400钢筋	20	9	17	6	1.0	0.004	1.0	153.0	
12				4	HRB400钢筋	20	9	17	6	1.0	0.004	1.0	153.0	

本剖面（如上图中的 1-1）工程量计算对话框中有“土钉”、“面层”、“锚杆”、“钢腰梁”、“竖向水泥土桩”、“竖向打入增强体”等属性页，点击某一个属性面标题，则显示对应的工程量。比如，点击“面层”，则显示本剖面的面层砼方量和钢筋量，如下所示：

工程量统计对话框

1. 土钉 | 2. 面层 | 3. 锚杆 | 4. 钢腰梁 | 5. 竖向水泥土桩 | 6. 竖向打入增强体

序号	剖面号	位置	下口线长度(m)	上口线长度(m)	等效斜长度(m)	护壁面积(m ²)	面层厚度(mm)	钢筋网直径(mm)	纵筋加强直径(mm)	砼方量(m ³)	钢筋重量调整系数	钢筋重量(t)	光面钢筋重量调整系数	光面钢筋重量(t)	钢筋总重量(t)	
1	1-1	AB	30	35.0	8.431	274.000	80	8	16	1.0	21.920	1.0	0.578	1.0	0.948	1.526
2		BC	20	24.0	8.318	183.000	80	8	16	1.0	14.640	1.0	0.381	1.0	0.632	1.012
3		EF	25	29.5	8.385	228.500	80	8	16	1.0	18.280	1.0	0.472	1.0	0.790	1.262

点击工程量对话框底部的“**汇总剖面的工程量和碳排放量**”按钮，弹出如下的碳排放量计算对话框：

汇总工程量和碳排放量对话框														
序号	项目编码	项目名称	项目特征描述	计量单位	工程量	综合单价(元)	单项造价(元)	单位工程量碳排放因子	碳排放单位	碳排放量调整系数	碳排放量(kgCO ₂ e)	定额编号		
1		土钉	规格 1. 类别: HRB400钢筋 2. 杆体直径: 20mm 3. 土钉层数: 4	m	1836.000			43.00	kgCO ₂ e/m	1.0	78948.000	2-45		
2		土钉墙 面层	规格 1. 喷射混凝土, 面层厚: 80mm 2. 网片类型: 钢筋网 3. 钢筋网: 直径 Φ8mm@200mm 4. 加强筋: 直径 Φ16mm@1.5m	m ²	685.500			53.37	kgCO ₂ e/m ²	1.09	39877.797	2-47 2-49		
3		土钉墙 锚杆	1. 施工方法: 土层锚杆钻机 2. 材料: 钢绞线	m	429.000			56.57	kgCO ₂ e/m	1.10	26695.383	2-38		
4		土钉墙 锚杆 钢腰梁	钢腰梁规格 1. 型号: [16a 号槽钢 2. 钢号: Q235 3. 肢数: 1	m	75.000			356.41	kgCO ₂ e/m	1.0	26730.750	2-44		
5		土钉墙 帷幕桩	1. 施工方法: 深层搅拌桩	m ³	437.368			253.00	kgCO ₂ e/m ³	1.0	110654.104	2-16		
6		土钉墙 打入桩	1. 种类: 钢管	m	2.351			2400.00	kgCO ₂ e/t	1.0	5642.400			
7		1-1剖面 碳排放总量					0.00				288548.434			
增加行 删除行 存为Excel文件 确定 取消														

点击“存为 Excel 文件按钮”，可将本剖面的各项碳排放量写入 Excel，如下所示：

Microsoft Excel - Book1

文件(F) 编辑(E) 视图(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 数据(D) 窗口(W) 帮助(H)

</

第三章 技术条件

软件主要依据中国建筑科学研究院主编的《建筑基坑支护技术规程 JGJ120-2012》和济南大学主编的《复合土钉墙基坑支护技术规范 GB50739-2011》编制。

一、复合土钉墙基坑支护技术规范

5.2 土钉长度及杆体截面确定

5.2.1 土钉长度及间距可按表 5.2.1 列出的经验值作初步选择，也可按本规范第 5.2.2 条~5.2.5 条的规定通过计算初步确定，再根据基坑整体稳定性验算结果最终确定。

表 5.2.1 土钉长度与间距经验值

土的名称	土的状态	水平间距 (m)	竖向间距 (m)	土钉长度与基坑深度比
素填土		1.0~1.2	1.0~1.2	1.2~2.0
淤泥质土		0.8~1.2	0.8~1.2	1.5~3.0
粘性土	软塑	1.0~1.2	1.0~1.2	1.5~2.5
	可塑	1.2~1.5	1.2~1.5	1.0~1.5
	硬塑	1.4~1.8	1.4~1.8	0.8~1.2
	坚硬	1.8~2.0	1.8~2.0	0.5~1.0
粉土	稍密、中密	1.0~1.5	1.0~1.4	1.2~2.0
	密实	1.2~1.8	1.2~1.5	0.6~1.2
砂土	稍密、中密	1.2~1.6	1.0~1.5	1.0~2.0
	密实	1.4~1.8	1.4~1.8	0.6~1.0

5.2.2 单根土钉长度 l_j （图 5.2.2）可按下列公式初步确定：

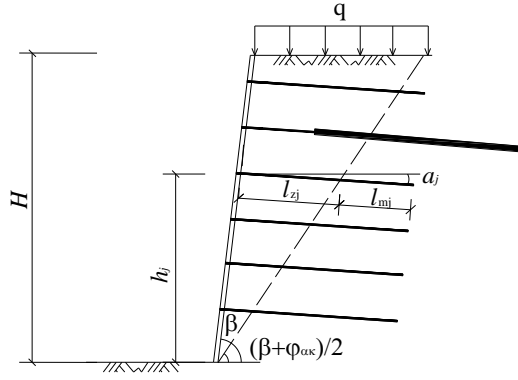


图 5.2.2 土钉长度计算

$$l_j = l_{zj} + l_{mj} \quad (5.2.2-1)$$

$$l_{zj} = \frac{h_j \sin \frac{\beta - \varphi_{ak}}{2}}{\sin \beta \sin(\alpha_j + \frac{\beta + \varphi_{ak}}{2})} \quad (5.2.2-2)$$

$$l_{mj} = \sum l_{mi,j} \quad (5.2.2-3)$$

$$\pi d_j \sum q_{sik} l_{mi,j} \geq 1.4 T_{jk} \quad (5.2.2-4)$$

式中 l_j ——第 j 根土钉长度；

l_{zj} ——第 j 根土钉在假定破裂面内长度；

l_{mj} ——第 j 根土钉在假定破裂面外长度；

h_j ——第 j 根土钉与基坑底面的距离；

β ——土钉墙坡面与水平面的夹角；

φ_{ak} ——基坑底面以上各层土的内摩擦角标准值，可按不同土层厚度取加权平均值；

α_j ——第 j 根土钉与水平面之间的夹角；

$l_{mi,j}$ ——第 j 根土钉在假定破裂面外第 i 层土体中的长度；

q_{sik} ——第 i 层土体与土钉的粘结强度标准值；

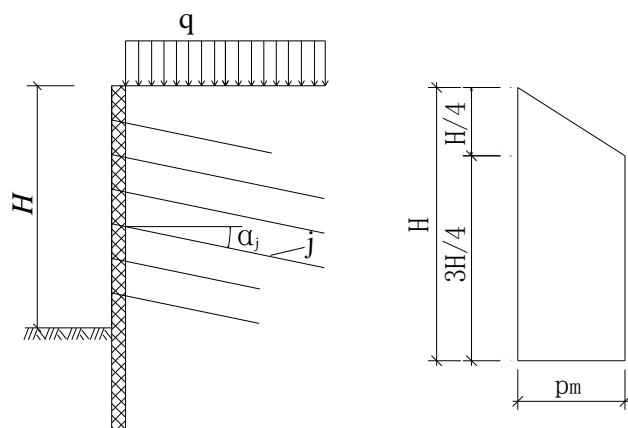
d_j ——第 j 根土钉直径；

T_{jk} ——计算土钉长度时第 j 根土钉的轴向荷载标准值；可按本规范第 5.2.3 条确定；

H ——基坑开挖深度；

q ——地表均布附加荷载。

5.2.3 计算单根土钉长度时，土钉轴向荷载标准值 T_{jk} （图 5.2.2、图 5.2.3）可按下列公式计算：



(a) 复合土钉墙 (b) 土体自重引起的侧压力分布

图 5.2.3 土钉轴向荷载标准值计算

$$T_{jk} = \frac{1}{\cos \alpha_j} \zeta p S_{xj} S_{zj} \quad (5.2.3-1)$$

$$p = p_m + p_q \quad (5.2.3-2)$$

式中 S_{xj} ——第 j 根土钉与相邻土钉的平均水平间距；

S_{zj} ——第 j 根土钉与相邻土钉的平均竖向间距；

ζ ——坡面倾斜时荷载折减系数，可按本规范第 5.2.4 条确定；

p ——土钉长度中点所处深度位置的土体侧压力；

p_m ——土钉长度中点所处深度位置由土体自重引起的侧压力，可按图 5.2.3 (b) 求出；

p_q ——土钉长度中点所处深度位置由地表及土体中附加荷载引起的侧压力，计算方法按现行《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的有关规定执行；

H ——基坑开挖深度；

q ——地表附加分布荷载。

5.2.4 土体自重引起的侧压力峰值 $p_{m,\max}$ 可按下列公式计算，且不宜小于 $0.2\gamma_{m1}H$ 。

$$p_{m,\max} = \frac{8E_a}{7H} \quad (5.2.4-1)$$

$$E_a = \frac{k_a}{2} \gamma_{m1} H^2 \quad (5.2.4-2)$$

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ak}}{2} \right) \quad (5.2.4-3)$$

式中 $p_{m,\max}$ ——土体自重引起的侧压力峰值；

H ——基坑开挖深度；

E_a ——朗肯主动土压力，可按公式 (5.2.4-2) 计算；

γ_{m1} ——基坑底面以上各土层加权平均重度，有地下水作用时应考虑地下水位变化造成的重度变化；

k_a ——主动土压力系数，可按公式 (5.2.4-3) 计算。

5.2.5 坡面倾斜时的荷载折减系数 ζ 可按下列公式计算：

$$\zeta = \tan \frac{\beta - \varphi_{ak}}{2} \left(\frac{1}{\tan \frac{\beta + \varphi_{ak}}{2}} - \frac{1}{\tan \beta} \right) / \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_{ak}}{2} \right) \quad (5.2.5)$$

式中 ζ ——坡面倾斜时荷载折减系数。

5.2.6 土钉杆体截面面积 A_j 可按下列公式计算：

$$A_j \geq 1.15 T_{yj} / f_{yj} \quad (5.2.6-1)$$

$$T_{yj} = \psi \pi d_j \sum q_{sik} l_{i,j} \quad (5.2.6-2)$$

式中 A_j ——第 j 根土钉杆体（钢筋、钢管）截面面积；

f_{yj} ——第 j 根土钉杆体材料抗拉强度设计值；

T_{yj} ——第 j 根土钉验收抗拔力；

$l_{i,j}$ ——第 j 根土钉在第 i 层土体中的长度；

ψ ——土钉的工作系数，取 0.8~1.0。

5.3 基坑稳定性验算

5.3.1 复合土钉墙必须进行基坑整体稳定性验算。验算可考虑截水帷幕、微型桩、预应力锚杆等构件的作用。

5.3.2 基坑整体稳定性分析（图 5.3.2）可采用简化圆弧滑移面条分法，按下列公式进行验算。最危险滑裂面通过试算搜索求得。验算时应考虑开挖过程中各工况，验算公式宜采用分项系数极限状态表达法：

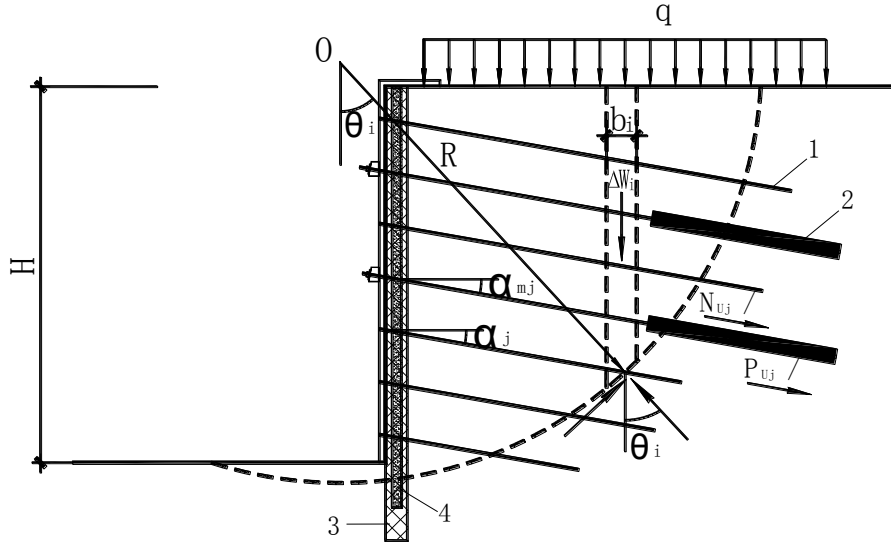


图 5.3.2 复合土钉墙稳定性分析计算

1—土钉；2—预应力锚杆；3—截水帷幕；4—微型桩

$$K_{s0} + \eta_1 K_{s1} + \eta_2 K_{s2} + \eta_3 K_{s3} + \eta_4 K_{s4} \geq K_s \quad (5.3.2-1)$$

$$K_{s0} = \frac{\sum c_i L_i + \sum W_i \cos \theta_i \tan \varphi_i}{\sum W_i \sin \theta_i} \quad (5.3.2-2)$$

$$K_{s1} = \frac{\sum N_{uj} \cos(\theta_j + \alpha_j) + \sum N_{uj} \sin(\theta_j + \alpha_j) \tan \varphi_j}{s_{xj} \sum W_i \sin \theta_i} \quad (5.3.2-3)$$

$$K_{s2} = \frac{\sum P_{uj} \cos(\theta_j + \alpha_{mj}) + \sum P_{uj} \sin(\theta_j + \alpha_{mj}) \tan \varphi_j}{s_{2xj} \sum W_i \sin \theta_i} \quad (5.3.2-4)$$

$$k_{s3} = \frac{\tau_q A_3}{\sum W_i \sin \theta_i} \quad (5.3.2-5)$$

$$k_{s4} = \frac{\tau_y A_4}{s_{4xj} \sum W_i \sin \theta_i} \quad (5.3.2-6)$$

式中 K_s ——整体稳定性安全系数，对应于基坑安全等级一、二、三级分别取 1.4、1.3、1.2；开挖过程中最不利工况下可乘 0.9 的系数；

K_{s0} 、 K_{s1} 、 K_{s2} 、 K_{s3} 、 K_{s4} ——整体稳定性分项抗力系数，分别为土、土钉、预应力锚杆、截水帷幕及微型桩产生的抗滑力矩与土体下滑力矩比；

c_i 、 φ_i ——第 i 个土条在滑弧面上的粘聚力及内摩擦角；

L_i ——第 i 个土条在滑弧面上的弧长；

W_i ——第 i 个土条重量，包括作用在该土条上的各种附加荷载；

θ_i ——第 i 个土条在滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角；

η_1 、 η_2 、 η_3 、 η_4 ——土钉、预应力锚杆、截水帷幕及微型桩组合作用折减系数，可按本规范第 5.3.3 条取值；

S_{2xj} 、 S_{4xj} ——第 j 根预应力锚杆或微型桩的平均水平间距；

N_{uj} ——第 j 根土钉在稳定区（即滑移面外）所提供的摩阻力，可按本规范第 5.3.4 条取值；

P_{uj} ——第 j 根预应力锚杆在稳定区（即滑移面外）的极限抗拔力；按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的有关规定计算；

α_j ——第 j 根土钉的倾角；

α_{mj} ——第 j 根预应力锚杆的倾角；

θ_j ——第 j 根土钉或预应力锚杆与滑弧面相交处，滑弧切线与水平面的夹角；

φ_j ——第 j 根土钉或预应力锚杆与滑弧面交点处土的内摩擦角；

τ_q ——假定滑移面处相应龄期截水帷幕抗剪强度标准值，根据试验结果确定；

τ_y ——假定滑移面处微型桩的抗剪强度标准值，可取桩体材料的抗剪强度标准值；

A_3 、 A_4 ——单位计算长度内截水帷幕、单根微型桩的截面积。

5.3.3 组合作用折减系数的取值应符合下列要求：

1 η_1 宜取 1.0；

2 $P_{uj} \leq 300\text{kN}$ 时， η_2 宜取 0.5~0.7，随着锚杆抗力的增加而减小；

3 截水帷幕与土钉墙复合作用时， η_3 宜取 0.3~0.5，水泥土抗剪强度取值较高、水泥土墙厚度较大时， η_3 宜取较小值。

4 微型桩与土钉墙复合作用时， η_4 宜取 0.1~0.3，微型桩桩体材料抗剪强度取值较高、截面积较大时， η_4 宜取较小值。基坑支护计算范围内主要土层均为硬塑状粘性土等较硬土层时， η_4 取值可提高 0.1。

5 预应力锚杆、截水帷幕、微型桩三类构件共同复合作用时，组合作用折减系数不应同时取上限。

5.3.4 第 j 根土钉在稳定区的摩阻力 N_{uj} 应符合下式的规定：

$$N_{uj} = \pi d_j \sum q_{sik} l_{mi,j} \quad (5.3.4)$$

5.3.5 K_s 在满足第 5.3.2 条的同时， K_{s0} 、 K_{s1} 、 K_{s2} 的组合应符合下式的规定：

$$K_{s0} + K_{s1} + 0.5K_{s2} \geq 1.0 \quad (5.3.5)$$

5.3.6 复合土钉墙底部存在软弱粘性土时，应按地基承载力模式进行坑底抗隆起稳定性验算。

5.3.7 坑底抗隆起稳定性（图 5.3.7）可按下列公式进行验算：

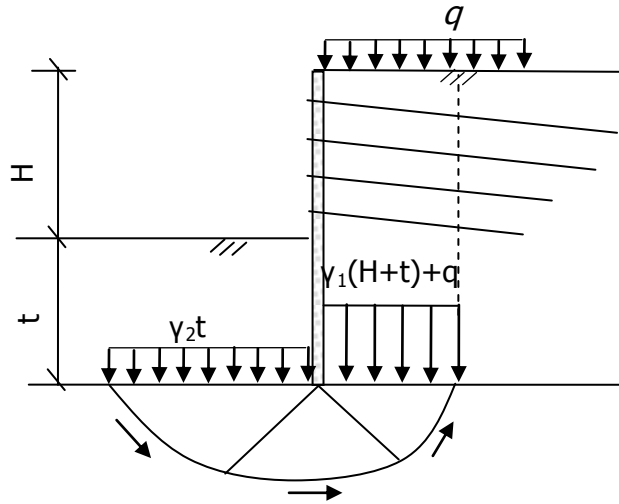


图 5.3.7 坑底抗隆起稳定性验算

$$\frac{\gamma_2 t N_q + c N_c}{\gamma_1 (H + t) + q} \geq K_l \quad (5.3.7-1)$$

$$N_q = \exp(\pi \tan \varphi) \tan^2(45^\circ + \varphi / 2) \quad (5.3.7-2)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi \quad (5.3.7-3)$$

式中 γ_1 、 γ_2 ——分别为地面、坑底至微型桩或截水帷幕底部各土层加权平均重度；

t ——微型桩或截水帷幕在基坑底面以下的长度；

N_q 、 N_c ——地基承载力系数；

q ——地面及土体中附加荷载；

c 、 φ ——支护结构底部土体粘聚力及内摩擦角；

K_l ——坑底抗隆起稳定安全系数，对应于基坑安全等级二、三级时分别取 1.4、1.2。

5.3.8 有截水帷幕的复合土钉墙，基坑开挖面以下有砂土或粉土等透水性较强土层且截水帷幕没有穿透该层土时，应进行抗渗流稳定性验算。

5.3.9 抗渗流稳定性（图 5.3.9）可按下列公式进行验算：

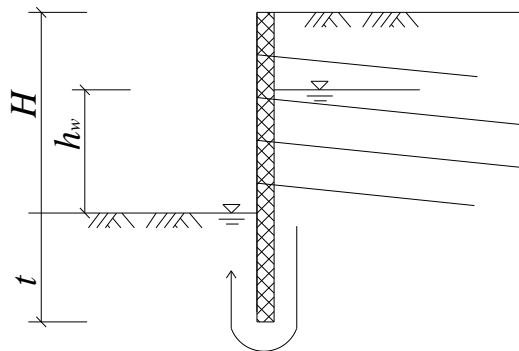


图 5.3.9 抗渗流稳定性验算

$$i_c / i \geq K_{wl} \quad (5.3.9-1)$$

$$i_c = (d_s - 1) / (e + 1) \quad (5.3.9-2)$$

$$i = h_w / (h_w + 2t) \quad (5.3.9-3)$$

式中 i_c ——基坑底面土体的临界水力梯度；

i ——渗流水力梯度；

d_s ——坑底土颗粒的相对密度；

e ——坑底土的孔隙比；

h_w ——基坑内外的水头差；

t ——截水帷幕在基坑底面以下的长度；

K_{wl} ——抗渗流稳定安全系数，对应基坑安全等级一、二、三级时宜分别取 1.50、1.35、1.20。

5.3.10 基坑底面以下存在承压水时（图 5.3.10），可按下式进行抗突涌稳定性计算。当抗突涌稳定性验算不满足时，宜采取降低承压水等措施。

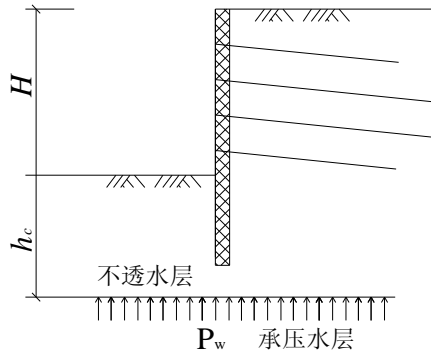


图 5.3.10 抗突涌稳定性验算

$$\gamma_{m2} h_c / P_w \geq K_{w2} \quad (5.3.10)$$

式中 γ_{m2} ——不透水土层平均饱和重度；

h_c ——承压水层顶面至基坑底面的距离；

P_w ——承压水水头压力；

K_{w2} ——抗突涌稳定性安全系数，宜取 1.1。

二、建筑基坑支护技术规程

5.1 稳定性验算

5.1.1 土钉墙应按下列规定对基坑开挖的各工况进行整体滑动稳定性验算：

- 1 整体滑动稳定性可采用圆弧滑动条分法进行验算；
- 2 采用圆弧滑动条分法时，其整体稳定性应符合下列规定(图 5.1.1)：

$$\min \{K_{s,1}, K_{s,2}, \dots, K_{s,i}, \dots\} \geq K_s \quad (5.1.1-1)$$

$$K_{s,i} = \frac{\sum [c_j l_j + (q_j b_j + \Delta G_j) \cos \theta_j \tan \varphi_j] + \sum R'_{k,k} [\cos(\theta_k + \alpha_k) + \psi_v] / s_{x,k}}{\sum (q_j l_j + \Delta G_j) \sin \theta_j} \quad (5.1.1-2)$$

式中： K_s ——圆弧滑动整体稳定安全系数；安全等级为二级、三级的土钉墙， K_s 分别不应小于 1.3、1.25；

$K_{s,i}$ ——第 i 个滑动圆弧的抗滑力矩与滑动力矩的比值；抗滑力矩与滑动力矩之比的最小值宜通过搜索不同圆心及半径的所有潜在滑动圆弧确定；

c_j 、 φ_j ——第 j 土条滑弧面处土的粘聚力(kPa)、内摩擦角($^\circ$)，按本规程第 3.1.14 条的规定取值；

b_j ——第 j 土条的宽度(m)；

q_j ——作用在第 j 土条上的附加分布荷载标准值(kPa)；

ΔG_j ——第 j 土条的自重(kN)，按天然重度计算；

θ_j ——第 j 土条滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角($^\circ$)；

$R'_{k,k}$ ——第 k 层土钉或锚杆对圆弧滑动体的极限拉力值(kN)；应取土钉或锚杆在滑动面以外的锚固体极限抗拔承载力标准值与杆体受拉承载力标准值($f_{yk}A_s$ 或 $f_{ptk}A_p$)的较小值；锚固体的极限抗拔承载力应按本规程第 5.2.5 条和第 4.7.4 条的规定计算，但锚固段应取圆弧滑动面以外的长度；

α_k ——第 k 层土钉或锚杆的倾角($^\circ$)；

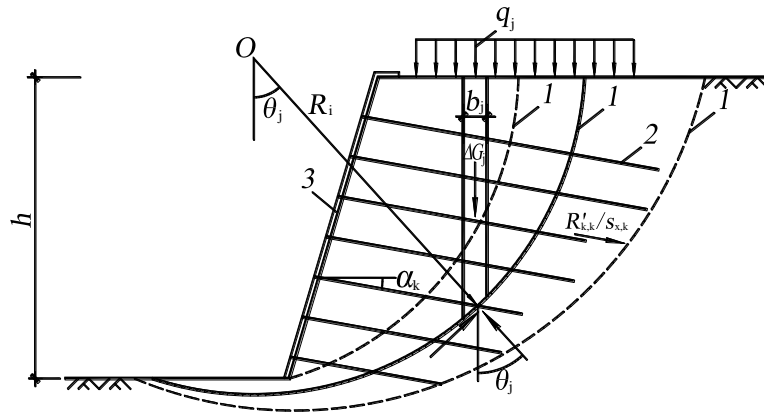
θ_k ——滑弧面在第 k 层土钉或锚杆处的法线与垂直面的夹角($^\circ$)；

$s_{x,k}$ ——第 k 层土钉或锚杆的水平间距(m)；

ψ_v ——计算系数；可取 $\psi_v = 0.5 \sin(\theta_k + \alpha_k) \tan \varphi$ ，此处， φ 为第 k 层土钉或锚杆与滑弧交点处土的内摩擦角。

水泥土桩复合土钉墙，在考虑地下水压力的作用时，其整体稳定性应按本规程公式(4.2.3-1)、(4.2.3-2)验算，但 $R'_{k,k}$ 应按本条的规定取值。

当基坑面以下存在软弱下卧土层时，整体稳定性验算滑动面中尚应包括由圆弧与软弱土层层面组成的复合滑动面。



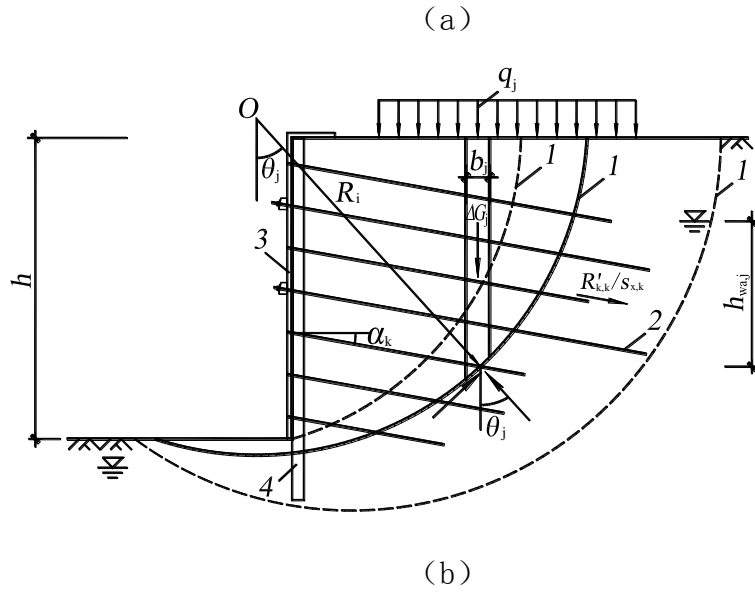


图 5.1.1 土钉墙整体稳定性验算

(a) 土钉墙在地下水位以上；(b) 水泥土桩复合土钉墙

1—滑动面；2—土钉或锚杆；3—喷射混凝土面层；4—水泥土桩或微型桩

5.1.2 微型桩、水泥土桩复合土钉墙，滑弧穿过其嵌固段的土条可适当考虑桩的抗滑作用。

5.1.3 基坑底面下有软土层的土钉墙结构应进行坑底隆起稳定性验算，验算可采用下列公式（图 5.1.3）。

$$\frac{\gamma_{m2}DN_q + cN_c}{(q_1b_1 + q_2b_2)/(b_1 + b_2)} \geq K_{he} \quad (5.1.3-1)$$

$$N_q = tg^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2})e^{\pi \tan \varphi} \quad (5.1.3-2)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi \quad (5.1.3-3)$$

$$q_1 = 0.5\gamma_{m1}h + \gamma_{m2}D \quad (5.1.3-4)$$

$$q_2 = \gamma_{m1}h + \gamma_{m2}D + q_0 \quad (5.1.3-5)$$

式中： q_0 ——地面均布荷载(kPa)；

γ_{m1} ——基坑底面以上土的重度(kN/m³)；对多层土取各层土按厚度加权的平均重度；

h ——基坑深度(m)；

γ_{m2} ——基坑底面至抗隆起计算平面之间土层的重度 (kN/m^3)；对多层土取各层土按厚度加权的平均重度；

D ——基坑底面至抗隆起计算平面之间土层的厚度 (m)；当抗隆起计算平面为基坑底平时，取 D 等于 0；

N_c 、 N_q ——承载力系数；

c 、 φ ——抗隆起计算平面以下土的粘聚力 (kPa)、内摩擦角 ($^\circ$)，按本规程第 3.1.14 条的规定取值；

b_1 ——土钉墙坡面的宽度 (m)；当土钉墙坡面垂直时取 b_1 等于 0；

b_2 ——地面均布荷载的计算宽度 (m)，可取 b_2 等于 h ；

K_{he} ——抗隆起安全系数；安全等级为二级、三级的土钉墙， K_{he} 分别不应小于 1.6、1.4。

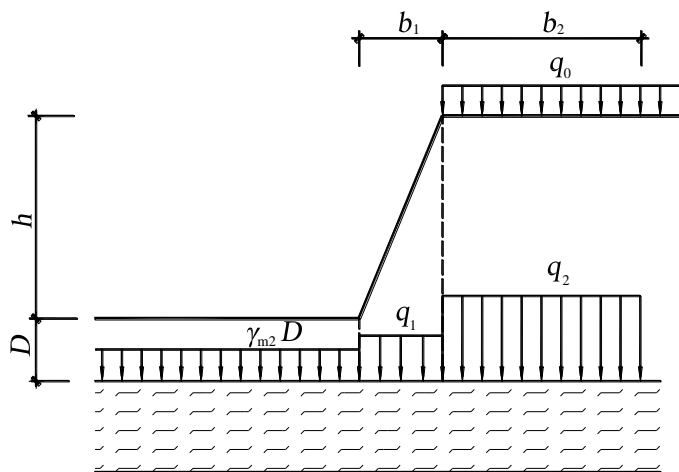


图 5.1.3 基坑底面下有软土层的土钉墙抗隆起稳定性验算

5.1.4 土钉墙与截水帷幕结合时，应按本规程附录 C 的规定进行地下水渗透稳定性验算。

5.2 土钉承载力计算

5.2.1 单根土钉的抗拔承载力应符合下式规定：

$$\frac{R_{k,j}}{N_{k,j}} \geq K_t \quad (5.2.1)$$

式中： K_t ——土钉抗拔安全系数；安全等级为二级、三级的土钉墙， K_t 分别不应小于 1.6、1.4；

$N_{k,j}$ ——第 j 层土钉的轴向拉力标准值(kN)，应按本规程第 5.2.2 条的规定确定；

$R_{k,j}$ ——第 j 层土钉的极限抗拔承载力标准值(kN)，应按本规程第 5.2.5 条的规定确定。

5.2.2 单根土钉的轴向拉力标准值可按下式计算：

$$N_{k,j} = \frac{1}{\cos \alpha_j} \zeta \eta_j p_{ak,j} s_{xj} s_{zj} \quad (5.2.2)$$

式中： $N_{k,j}$ ——第 j 层土钉的轴向拉力标准值(kN)；

α_j ——第 j 层土钉的倾角($^\circ$)；

ζ ——墙面倾斜时的主动土压力折减系数，可按本规程第 5.2.3 条确定。

η_j ——第 j 层土钉轴向拉力调整系数，可按公式 (5.2.4-1) 计算；

$p_{ak,j}$ ——第 j 层土钉处的主动土压力强度标准值(kPa)，应按本规程第 3.4.2 条确定；

s_{xj} ——土钉的水平间距(m)；

s_{zj} ——土钉的垂直间距(m)。

5.2.3 坡面倾斜时的主动土压力折减系数 (ζ) 可按下式计算：

$$\zeta = \tan \frac{\beta - \varphi_m}{2} \left(\frac{1}{\tan \frac{\beta + \varphi_m}{2}} - \frac{1}{\tan \beta} \right) \bigg/ \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_m}{2} \right) \quad (5.2.3)$$

式中： ζ ——主动土压力折减系数；

β ——土钉墙坡面与水平面的夹角($^\circ$)；

φ_m ——基坑底面以上各土层按土层厚度加权的内摩擦角平均值($^\circ$)。

5.2.4 土钉轴向拉力调整系数 (η_j) 可按下列公式计算：

$$\eta_j = \eta_a - (\eta_a - \eta_b) \frac{z_j}{h} \quad (5.2.4-1)$$

$$\eta_a = \frac{\sum_{i=1}^n (h - \eta_b z_j) \Delta E_{aj}}{\sum_{i=1}^n (h - z_j) \Delta E_{aj}} \quad (5.2.4-2)$$

式中： η_j ——土钉轴向拉力调整系数；

z_j ——第 j 层土钉至基坑顶面的垂直距离 (m)；

h ——基坑深度 (m)；

ΔE_{aj} ——作用在以 s_{xj} 、 s_{zj} 为边长的面积内的主动土压力标准值 (kN)；

η_a ——计算系数；

η_b ——经验系数，可取 0.6~1.0；

n ——土钉层数。

5.2.5 单根土钉的极限抗拔承载力应按下列规定确定：

1 单根土钉的极限抗拔承载力应通过抗拔试验确定，其试验方法应符合本规程附录 D 的规定。

2 单根土钉的极限抗拔承载力标准值可按下式估算，但应通过本规程附录 D 规定的土钉抗拔试验进行验证：

$$R_{k,j} = \pi d_j \sum q_{sik} l_i \quad (5.2.5)$$

式中： $R_{k,j}$ ——第 j 层土钉的极限抗拔承载力标准值 (kN)；

d_j ——第 j 层土钉的锚固体直径 (m)；对成孔注浆土钉，按成孔直径计算，对打入钢管土钉，按钢管直径计算；

q_{sik} ——第 j 层土钉在第 i 层土的极限粘结强度标准值 (kPa)；应由土钉抗拔试验确定，无试验数据时，可根据工程经验并结合表 5.2.5 取值；

l_i ——第 j 层土钉在滑动面外第 i 土层中的长度 (m)；计算单根土钉极限抗拔承载力时，取图 5.2.5 所示的直线滑动面，直线滑动面与水平面的夹角取 $\frac{\beta + \varphi_m}{2}$ 。

表 5.2.5 土钉的极限粘结强度标准值

土的名称	土的状态	q_{sik} (kPa)	
		成孔注浆土钉	打入钢管土钉
素填土		15~30	20~35

淤泥质土		10~20	15~25
粘性土	$0.75 < I_L \leq 1$	20~30	20~40
	$0.25 < I_L \leq 0.75$	30~45	40~55
	$0 < I_L \leq 0.25$	45~60	55~70
	$I_L \leq 0$	60~70	70~80
粉土		40~80	50~90
砂土	松散	35~50	50~65
	稍密	50~65	65~80
	中密	65~80	80~100
	密实	80~100	100~120

3 对安全等级为三级的土钉墙，可仅按公式（5.2.5）确定单根土钉的极限抗拔承载力。

4 当按本条第 1~3 款确定的土钉极限抗拔承载力标准值（ $R_{k,j}$ ）大于 $f_{yk}A_s$ 时，应取 $R_{k,j} = f_{yk}A_s$ 。

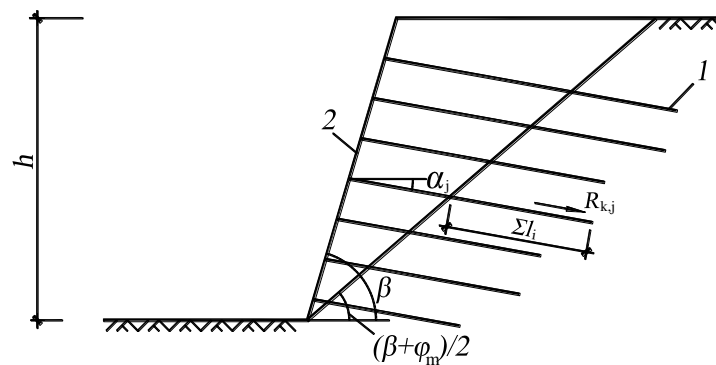


图 5.2.5 土钉抗拔承载力计算

1—土钉；2—喷射混凝土面层

5.2.6 土钉杆体的受拉承载力应符合下列规定：

$$N_j \leq f_y A_s \quad (5.2.6)$$

式中： N_j ——第 j 层土钉的轴向拉力设计值(kN)，按本规程第 3.1.7 的规定计算；

f_y ——土钉杆体的抗拉强度设计值(kPa)；

A_s ——土钉杆体的截面面积(m^2)。

附 录

建研地基基础工程有限责任公司简介：建研地基基础工程有限责任公司（简称建研地基公司）是由中国建筑科学研究院地基基础研究所为主体成立的建筑业高新技术企业。公司以建筑工程勘察，地基基础工程设计、施工承包，地基基础新技术、新产品的研发应用、软件开发、技术咨询、技术服务，工程检测与监理、监测，地质灾害治理等为主业，具有“地基与基础工程专业承包”壹级、“工程勘察专业类岩土工程”甲级、“地质灾害治理工程施工”甲级、“地质灾害治理工程设计”甲级、“地质灾害危险性评估”丙级资质。

公司网址：

www.jianyandiji.com

公司研发中心软件开发部地址：

北京市北三环东路 30 号建研院新主楼 10 层 B1010 室

联系电话：010-64694958

邮编：100013

地图：



乘车路线：

公共汽车：300 路、302 路、731 路北三环内环方向安贞桥站下车，自西向东 100 米路南。

地 铁：5 号线和平西桥站下车，从西北口出，自东向西 300 米路南。