

第二章 快速操作指南

2.1 操作流程

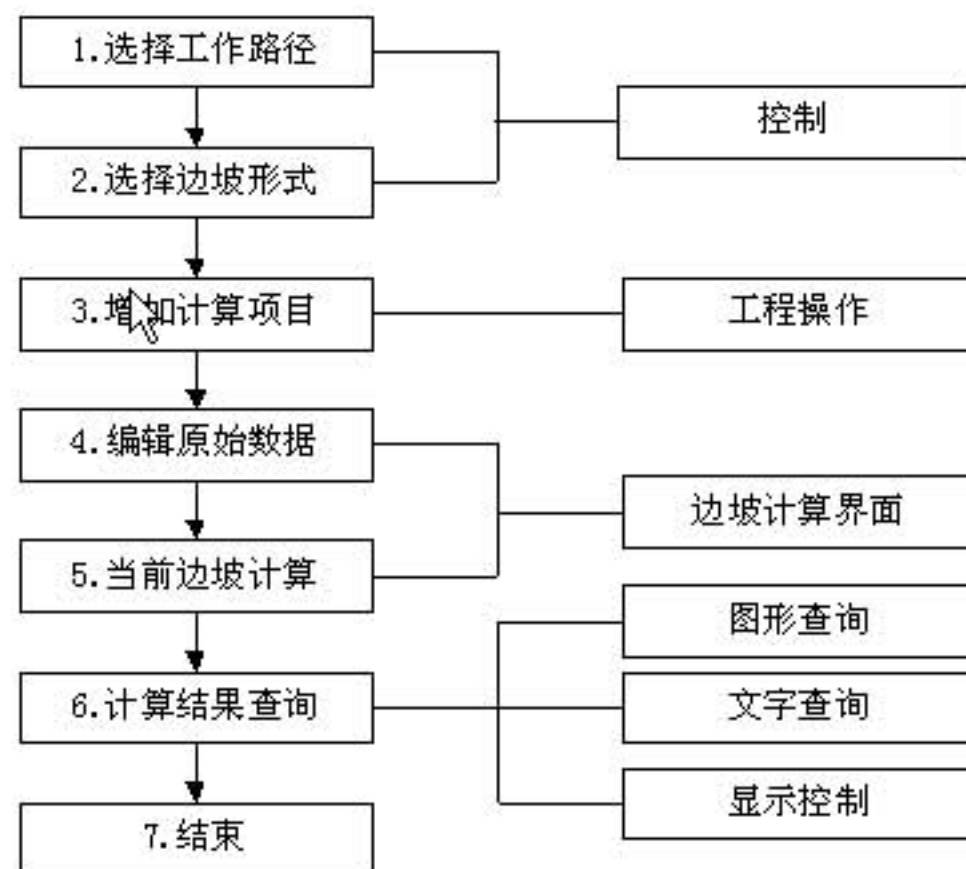


图2.1-1 操作流程

2.2 快速操作指南

2.2.1 选择工作路径



图2.2-1 指定工作路径

注意：此处指定的工作路径是所有岩土模块的工作路径。进入某一计算模块后，还可以通过按钮【选工程】重新指定此模块的工作路径。

2.2.2 选择边坡形式

选择边坡稳定的计算项目，选择界面如下图：



图2.2-2 计算项目选择

2.2.3 增加计算项目

2.2.3 增加计算项目

点击【工程操作】菜单中的“增加项目”菜单或“增”按钮来新增一个计算项目。



图2.2-3 工程操作界面

2.2.4 编辑原始数据

录入或选择等厚土层土坡稳定计算所需的各种原始数据，交互窗口如图2.2-4。

录入或选择等厚土层土坡稳定计算所需的各种原始数据，交互窗口如图2.2-4。

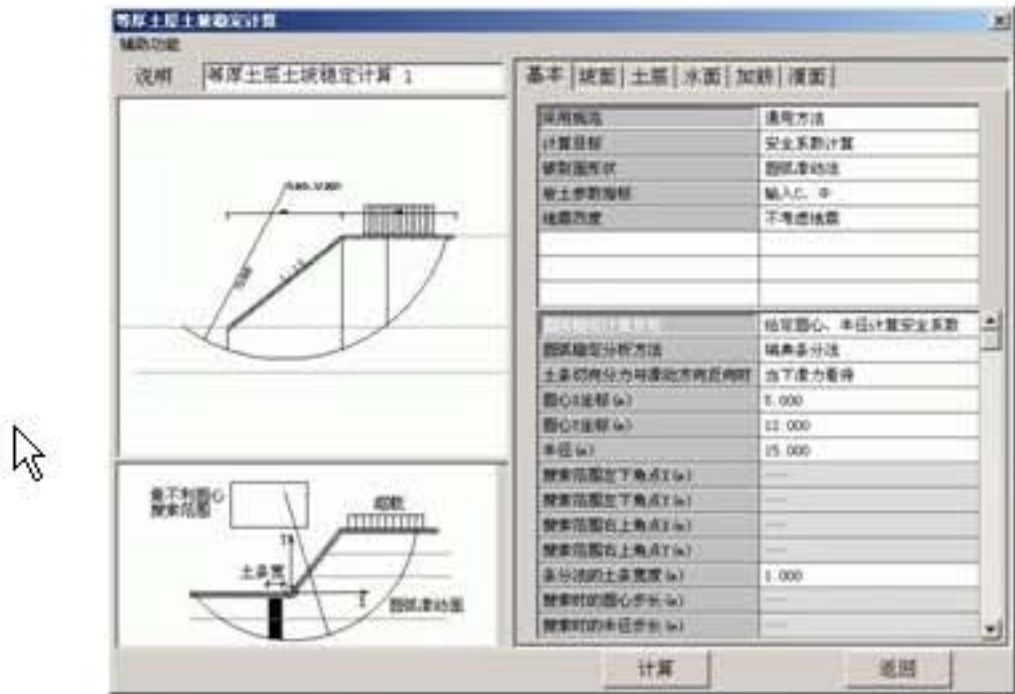


图2.2-4 等厚土层土坡稳定计算数据交互界面

录入或选择复杂土层土坡稳定计算所需的各种原始数据，交互窗口如图2.2-5。

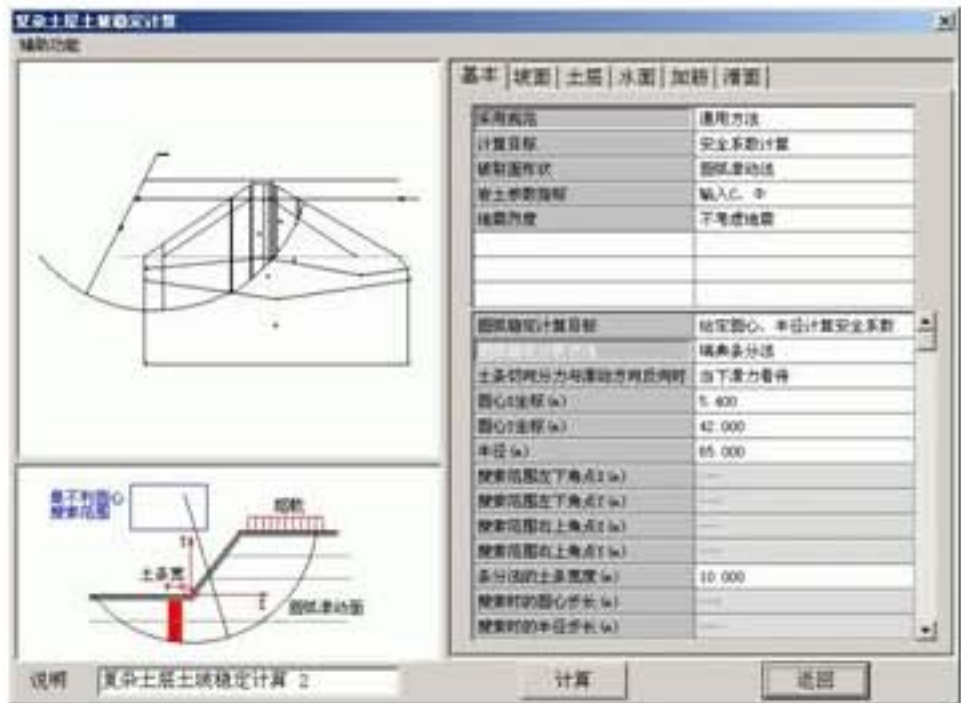


图2.2-5 复杂土层土坡稳定计算数据交互界面

注意:

1. 集中的参数交互界面, 即把几乎所有的参数置于一个界面上, 操作简单, 大大提高了人机交互的效率, 这是理正岩土系列软件的一个共性特征;
2. 同时提供了有关参数的即时弹跳说明信息, 方便用户理解参数的意义。

2.2.5 当前边坡计算

在数据交互对话框中设置好各项参数, 点击【计算】按钮来进行当前题目的计算, 或者单击【辅助功能】菜单的“计算”。

2.2.6 计算结果查询

计算结果查询界面分为左右两个窗口, 左侧窗口用于查询图形结果, 右侧窗口用于查询文字结果。

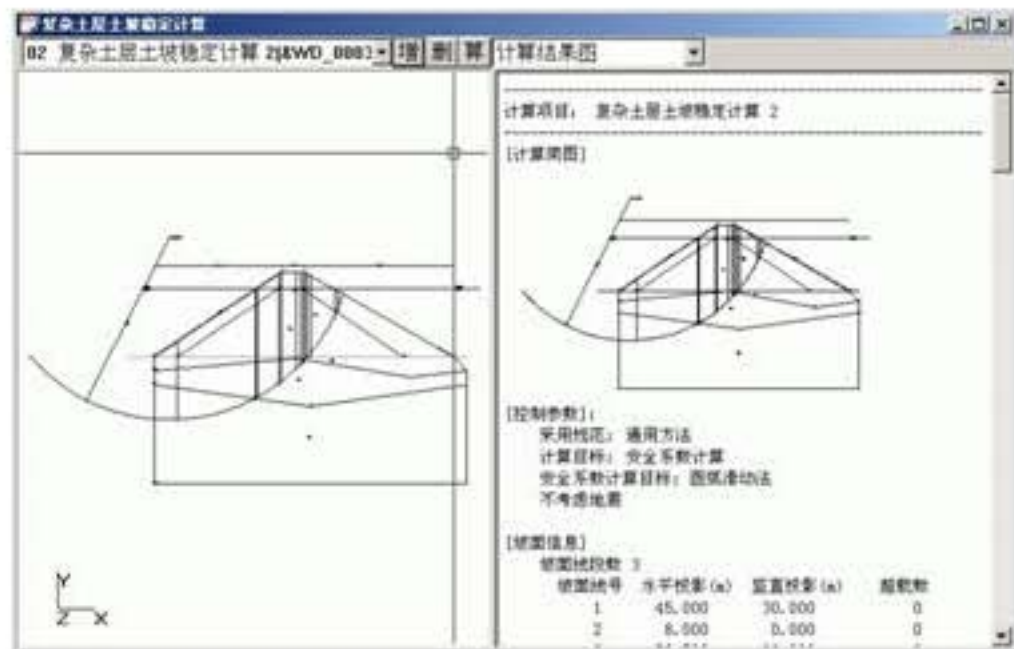
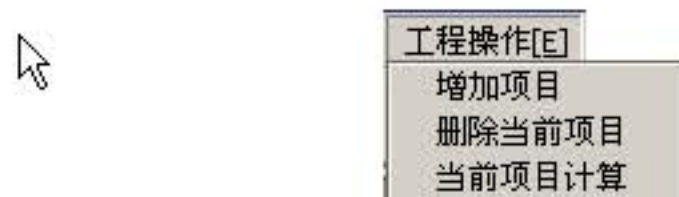


图2.2-6 计算结果查询界面

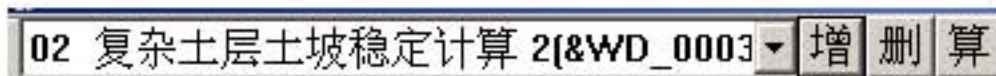
3.1 关于计算例题的编辑

3.1.1 增加例题与删除当前例题

1. 通过【工程操作】菜单的“增加项目”和“删除当前项目”来增加一个新的例题或删除当前的例题。

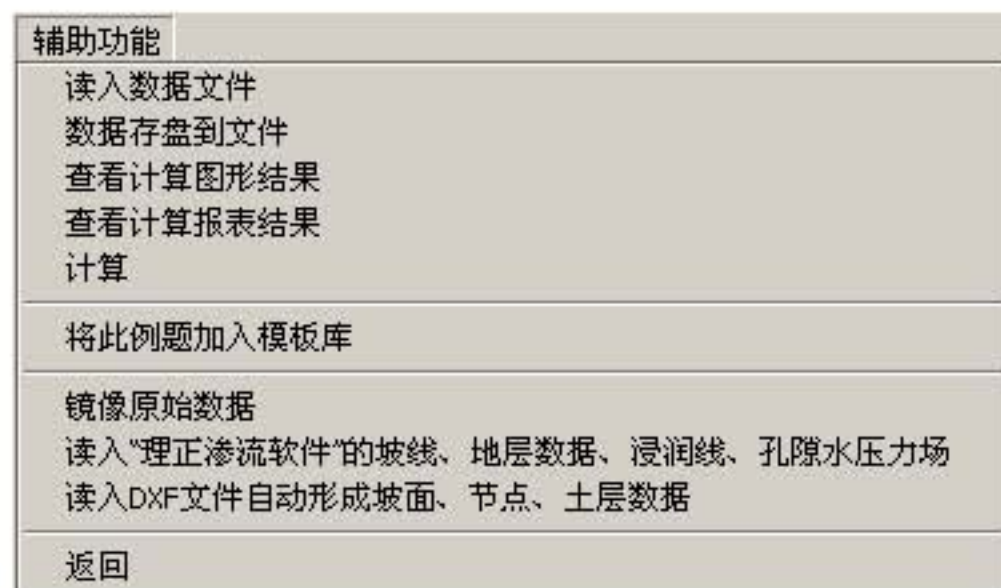


2. “增”或“删”按钮增加一个新的例题或删除当前的例题。点击“算”按钮打开当前模块的交互界面。



3.1.2 数据的读写

通过【辅助功能】菜单的“读入数据文件”可以将原来保存好的数据读进来进行计算；通过【辅助功能】菜单的“数据存盘到文件”可以将当前例题的数据保存在磁盘上。



3.1.3 把典型例题加入例题模板库

实际工程中会有一些具有一般代表性的典型例题，当完成该例题的数据交互后，可通过【辅助功能】菜单中的“将此例题加入模板库”把该例题存为例题模板，从而在每次新增例题时可以重复调用该例题的数据，在此基础上修改少量的数据进行计算。

3.2 计算简图辅助操作菜单

在数据交互界面的左侧图形窗口单击鼠标右键，弹出图形显示快捷菜单，使用该菜单可有效的查看计算简图，可把计算简图存为DXF格式的文件，用AUTOCAD等图形编辑器进行编辑。



3.3 快速查询图形结果

3.3.1 选择输出图形结果

等厚（或倾斜或复杂）土层土坡稳定计算均可输出如下结果：

3.3 快速查询图形结果

3.3.1 选择输出图形结果

等厚（或倾斜或复杂）土层土坡稳定计算均可输出如下结果：

计算简图；

计算结果图。

通过在输出选项列表中选择相应的选项来输出对应的图形结果。

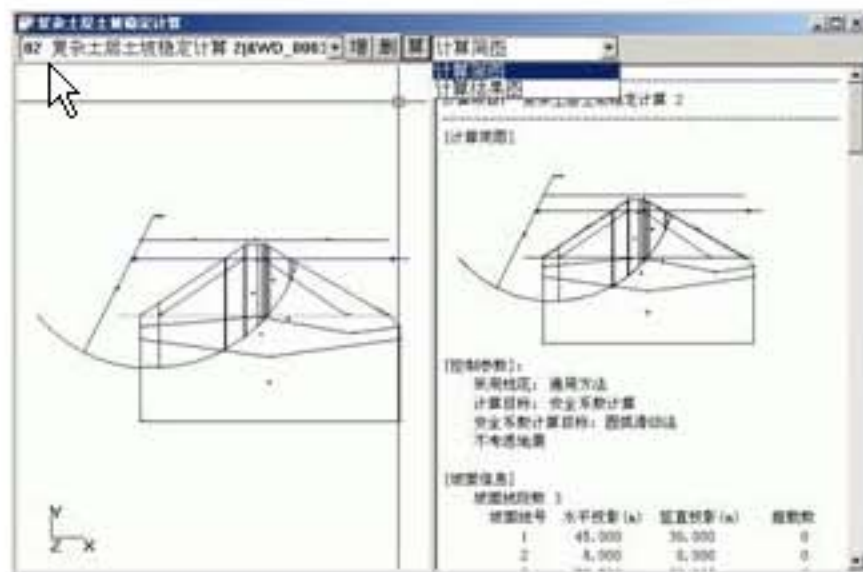


图3.3-1 计算结果简图

3.3.2 通过辅助功能菜单查看图形结果

单击【辅助功能】菜单中的“查看计算图形结果”项，可查看当前例题的图形结果。

3.3.2 通过辅助功能菜单查看图形结果

单击【辅助功能】菜单中的“查看计算图形结果”项，可查看当前例题的图形结果。

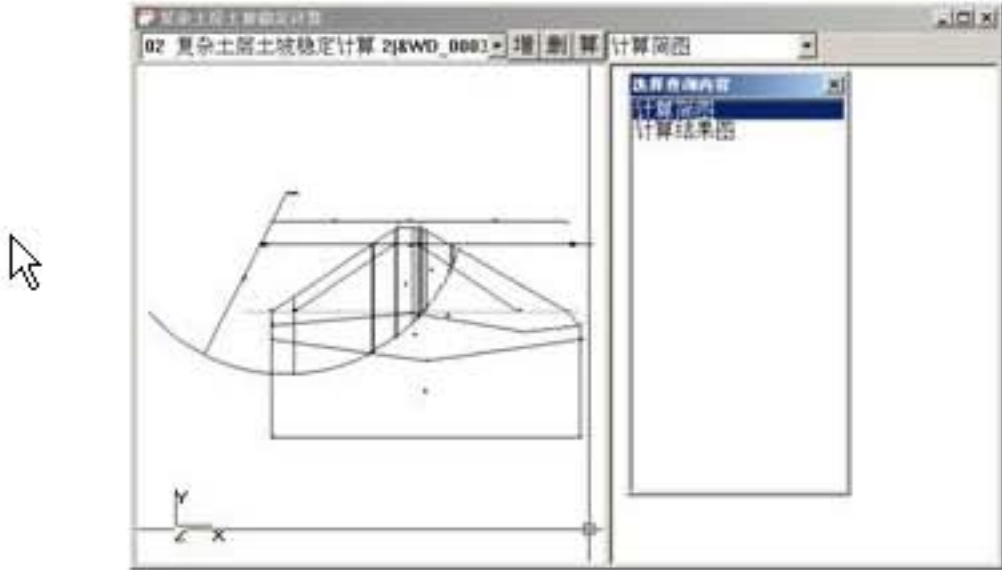


图3.3-2 查询计算结果简图

3.3.3 图形查询辅助工具

1. 图形查询工具栏



2. 图形查询快捷菜单

在图形结果查询窗口单击鼠标右键，弹出图形查询快捷菜单，可以方便地查看图形。



3. 【图形查询】菜单

图形查询[G]
设置字符高度
读入DXF文件
显示简图存为DXF文件
显示图形拷贝到剪贴板上

3.4 计算书的编辑修改

恢复	Ctrl+Z
剪切	Ctrl+X
拷贝	Ctrl+C
粘贴	Ctrl+V
特别粘贴	
删除选择的文字	
全选	
跳到指定行	
寻找	Ctrl+F
寻找下一个	F3
替换	Ctrl+H
插入对象	
连接对象	
对象属性	Alt+Enter
字体与颜色设置	
读入RTF文件	
保存RTF文件	
更名保存RTF文件	
保存文件为文本文件	

1. 当项目为滑坡推力计算，计算目标为“按指定滑面计算推力”时，计算书窗口输出各段的剩余下滑力。当计算项目为滑坡推力计算，计算目标为“自动搜索最危险滑面”时，输出按指定滑面计算推力时，计算书窗口输出自动搜索的最危险滑面和各段的剩余下滑力。

2. 当计算目标为重力式、垂直预应力式抗滑挡土墙时，计算书窗口输出如下结果：

2. 当计算目标为重力式、垂直预应力式抗滑挡土墙时，计算书窗口输出如下结果：
 - (1) 土压力计算结果；
 - (2) 滑动稳定性验算结果；
 - (3) 倾覆稳定性验算结果；
 - (4) 地基应力及偏心距验算结果；
 - (5) 设置凸榫时，凸榫宽度验算；
 - (6) 墙身截面强度验算（不同截面）包括偏心距、压应力、拉应力及剪应力。

3. 当计算目标为抗滑桩、桩板式抗滑挡土墙时，计算书窗口输出如下结果：
 - (1) 土压力计算结果；
 - (2) 各点的位移、弯矩、剪力、土反力；
 - (3) 桩的配筋；
 - (4) 挡土板的内力配筋。

3.5 说明

3.5.1 参数编辑

1. 基本参数

基本参数卡片如图3.5.1-1：

基本 坡面 土层 水面 加筋 滑面	
采用规范	通用方法
计算目标	安全系数计算
破裂面形状	圆弧滑动法
岩土参数指标	输入C、 ϕ
地震烈度	不考虑地震
圆弧稳定计算目标	给定圆心、半径计算安全系数
圆弧稳定分析方法	瑞典条分法
土条切向分力与滑动方向反向时	当下滑力看待
圆心X坐标(m)	5.400
圆心Y坐标(m)	42.000
半径(m)	65.000
搜索范围左下角点X(m)	—
搜索范围左下角点Y(m)	—
搜索范围左上角点X(m)	—
搜索范围左上角点Y(m)	—

铁路I、II级(次重型)

铁路II级(中型)

铁路III级(轻型)

枕木类型

☒ 混凝土枕
 ☐ 木枕

荷载强度(kPa):

57.5

分布宽度(m):

3.6

路肩宽度(m):

0.5

确认

取消

图3.5.1-3 荷载计算器

3. 土层参数

等厚土层参数卡片如图3.5.1-4，倾斜与复杂土层从略。

基本 | 坡面 | 土层 | 水面 | 加筋 | 滑面

土层厚度(m)

7

原点以下土层数

5

以上层号	层厚度(m)	重度(kN/m ³)	饱和重度(kN/m ³)	抗剪指标	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)
1	50.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
2	2.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
3	2.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
4	2.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
5	2.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
6	2.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000

以下层号	层厚度(m)	重度(kN/m ³)	饱和重度(kN/m ³)	抗剪指标	粘聚力(kPa)	内摩擦角(度)
1	4.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
2	40.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
3	2.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
4	2.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000
5	2.000	18.000	---	C、φ值	10.000	25.000

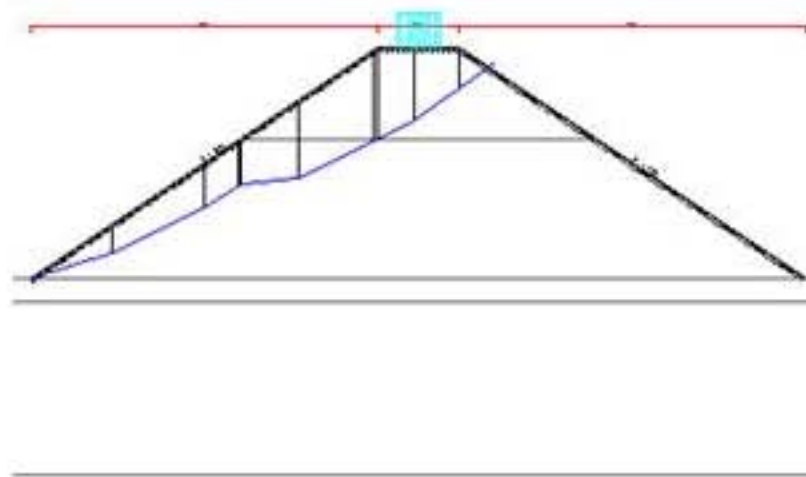
图3.5.1-4 等厚土层参数卡片

三种地层情况的示意图如下：

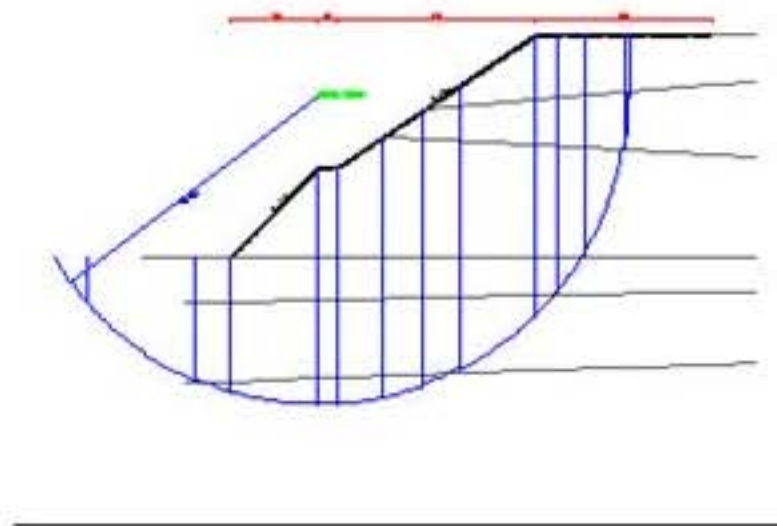
等厚土层：

三种地层情况的示意图如下：

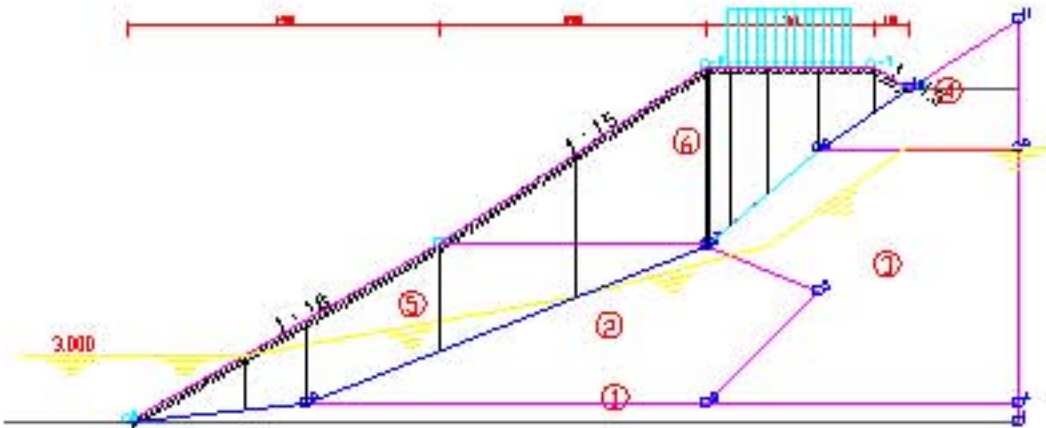
等厚土层：



倾斜土层：



复杂土层:



4. 水面参数

水面参数卡片如图3.5.1-5:

基本 | 坡面 | 土层 | 水面 | 加筋 | 滑面

是否考虑水作用	考虑
水面线段数	6
水面线起始点X	0.000
水面线起始点Y	-0.500
水作用考虑方法	有效应力法
是否考虑渗透压力	考虑
计算方法	采用渗流方法计算
坡面外静水压力	考虑
坝体低水位 (m)	----

孔隙水压力场

折线序号	水平投影长(m)	竖向投影长(m)	折线长 (m)	折线仰角(度)
1	1.000	0.500	1.118	26.57
2	2.000	1.000	2.236	26.57
3	3.000	1.000	3.162	18.43
4	4.000	1.000	4.123	14.04
5	5.000	1.000	5.099	11.31
6	6.000	0.500	6.021	4.76

图3.5.1-5 水面参数卡片

筋带参数卡片如图3.5.1-6:

[illegible]

图3.5.1-6 筋带参数卡片

滑面参数卡片如图3.5.1-7:

折线 序号	水平投 影长(m)	竖向投 影长(m)	矢高 (m)	参数取值	粘聚力 (kPa)	内摩擦 角(度)
1	3.00	0.50	0.00	取滑面	10.00	30.00
2	4.00	1.00	0.00	取滑面	10.00	30.00
3	4.00	3.00	0.00	取滑面	10.00	30.00
4	3.00	0.00	0.00	取滑面	10.00	30.00
	6.00	3.50	0.00	取滑面	10.00	30.00

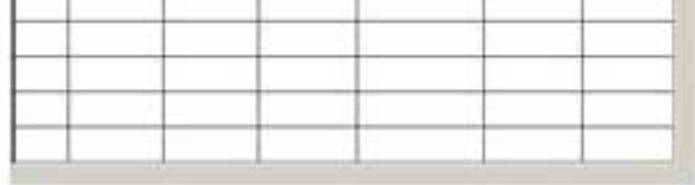


图3.5.1-7 滑面参数卡片

3.5.2 计算

用于选择计算并开始当前编号的土坡计算。

在右侧窗口下方点【计算】（或选择“辅助功能”下的“计算”），立即开始计算。计算结束后，自动转入计算结果查询界面。

计算的全部内容详见下面的“输出计算结果列表”部分。

3.5.3 辅助功能

用于读入、保存数据文件，查看计算结果，计算等，等厚（倾斜）土层土坡稳定计算模块包括读入数据文件、数据存盘到文件、查看计算图形结果、查看计算报表结果、计算、将此例题加入模板库、读入“理正渗流软件”的坡线、地层数据、浸润线、孔隙水压力场、和返回8项功能。复杂土层土坡稳定计算中还包
括“镜像原始数据”和读入DXF文件自动形成坡面、节点、土层数据。

1. 读入“理正渗流软件”的坡线、地层数据、浸润线、孔隙水压力场

用于读入理正渗流分析软件接口文件，接口文件的扩展名为.lzsl，用于理正边坡稳定与渗流之间的数据共享。当点此菜单命令时，将会弹出一个对话框（图3.5.3-1），用户可在其上选择读入内容：对于等厚土层和倾斜土层可选择坡线、浸润线和孔隙水压力场，而复杂土层则可选择坡线、土层、浸润线、孔隙水压力场，再点【确认】按钮则自动读入所选结果。



图3.5.3-1 选择读入内容对话框

注意：读入的内容将自动覆盖原来的内容，而且不做提示，所以在读入接口文件时，必需仔细选择四项读入内容，按需读入。

2. 镜像数据（复杂土层模块中）

因为理正边坡稳定分析软件只适合分析右边坡，如果要分析左边坡，则可用此命令将当前的复杂土层岩土数据镜像，减少重复输入数据之苦。

用左键选择菜单项，弹出交互文件名对话框（图3.5.3-2），交互文件名称后，点【保存】按钮，则当前数据的镜像结果将保存到交互的文件中，后缀扩展名为.WD3，运行“读入数据文件”命令则可将镜像以后的数据读入计算。



图3.5.3-2 保存镜像数据对话框

3. 读入DXF文件自动形成坡面、节点、土层数据（复杂土层模块中）

因为理正边坡稳定分析软件对于复杂土层的交互土层区域较多时，输入较复杂，可用此命令减少输入之苦。

用左键选择菜单项，弹出注意事项对话框（图3.5.3-3），点【是】按钮，则可读取已保存的DXF文件，点【否】按钮，则退出此功能。

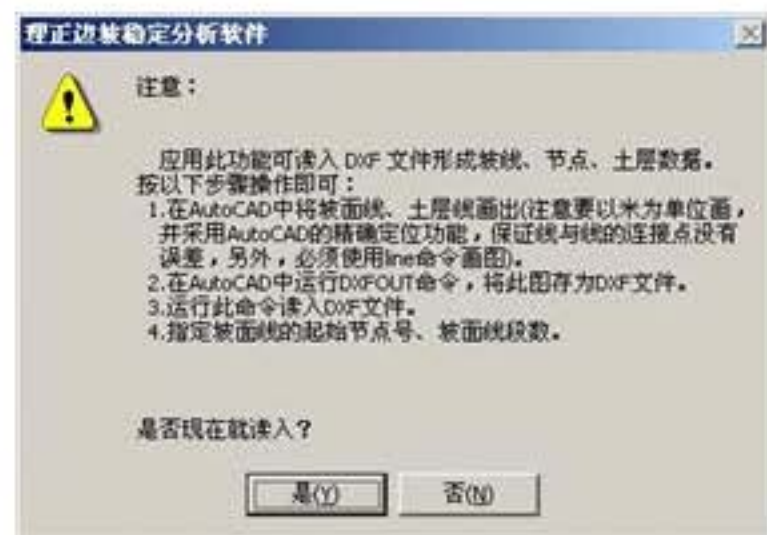


图3.5.3-3 读入DXF文件注意事项对话框

3.6 数据和结果文件

数据和结果文件位于用户设定好的工作目录下。等厚土层土坡稳定计算、倾斜土层土坡稳定计算、复杂土层土坡稳定计算的数据文件格式分别为*.WD1、*.WD2、*.WD3，图形文件格式*.DXF，计算书格式为*.RTF。

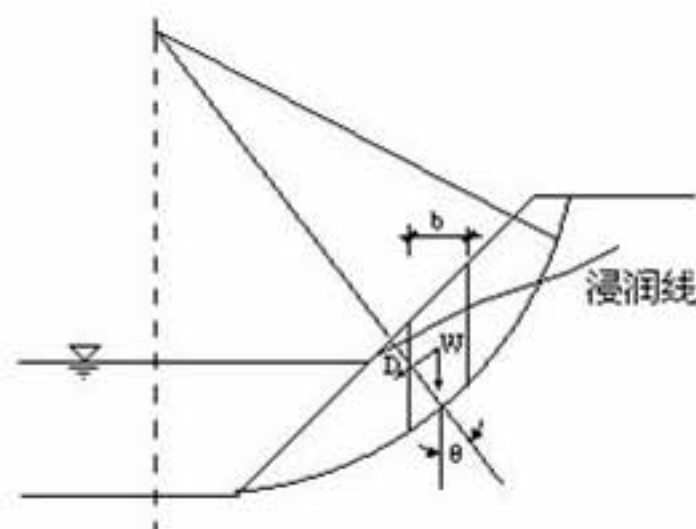


第四章 编制依据

- (1) 陈仲颐、周景星、王洪瑾编，《土力学》，清华大学出版社，1994年4月第1版，1997年10月第3次印刷；
- (2) 铁道部第一勘测设计院主编，铁路工程设计技术手册《路基》，中国铁道出版社，1992年5月第2版，1995年3月第3次印刷；
- (3) 交通部第二公路勘察设计院主编，公路设计手册《路基》（第二版），人民交通出版社，1997年6月第2版，第2次印刷；
- (4) 钱家欢、殷宗泽主编，《土工原理与计算》，中国水利水电出版社，1996年5月第二版，2000年10月第四次印刷；
- (5) 《堤防工程设计规范GB50286-98》；
- (6) 《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》；
- (7) 《碾压式土石坝设计规范SL274-2001》；
- (8) 《水运工程抗震设计规范 JTJ 225—98》。

第五章 圆弧法求安全系数

5.1 通用方法



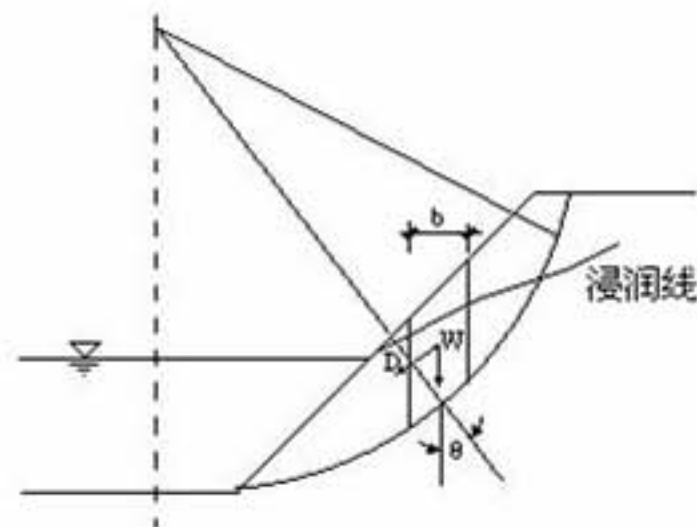


图5.1-1 通用方法求安全系数

5.1.1 瑞典条分法

5.1.1.1 总应力法

$$K = \frac{\sum (Cl + W \cos \theta \operatorname{tg} \varphi)}{\sum W \sin \theta}$$

(5.1.1.1-1)

式中：

K —— 整个滑体剩余下滑力计算的安全系数；

l —— 单个土条的滑动面长度 (m)， $l = b \sec \theta$ ；

W —— 条块重力 (kN)，浸润线以上取重度，以下取饱和重度；

θ —— 条块的重力线与通过此条块底面中点半径之间的夹角 (度)；

C 、 φ —— 土的抗剪强度指标，采用总应力法时，取总应力指标，采用有效应力法时，取有效应力指标。

5.1.1.2 有效应力法

$$K = \frac{\sum Cl + [(W - U) \cos \theta + D \sin(\alpha - \theta)] \operatorname{tg} \varphi}{\sum W \sin \theta + D \cos(\alpha - \theta)}$$

$$K = \frac{\sum Cl + [(W - U) \cos \theta + D \sin(\alpha - \theta)] \operatorname{tg} \varphi}{\sum W \sin \theta + D \cos(\alpha - \theta)}$$

(5.1.1.2-1)

式中:

- K —— 整个滑体剩余下滑力计算的安全系数;
 l —— 单个土条的滑动面长度 (m), $l = b \sec \theta$;
 W —— 条块重力 (kN), 浸润线以上取重度, 以下取饱和重度;
 U —— 条块所受到的浮力 (kN);
 D —— 条块所受的渗透力 (kN), 据孔隙水压力梯度场积分得出;
 θ —— 条块的重力线与通过此条块底面中点半径之间的夹角 (度);
 α —— 条块的渗透力与水平线的夹角 (度);
 C 、 φ —— 土的抗剪强度指标, 采用总应力法时, 取总应力指标, 采用有效应力法时, 取有效应力指标。

5.1.2 简化Bishop法

5.1.2.1 总应力法

$$K = \frac{\sum (Cb + W \operatorname{tg} \varphi) \frac{1}{m_\theta}}{\sum W \sin \theta}$$

(5.1.2.1-1)

$$m_\theta = \cos \theta + \frac{\sin \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi}{K}$$

(5.1.2.1-2)

式中:

- K —— 整个滑体剩余下滑力计算的安全系数;
 b —— 单个土条的宽度 (m);
 W —— 条块重力 (kN), 浸润线以上取重度, 以下取饱和重度;
 θ —— 条块的重力线与通过此条块底面中点半径之间的夹角 (度);

W —— 条块重力 (kN)，浸润线以上取重度，以下取饱和重度；

θ —— 条块的重力线与通过此条块底面中点半径之间的夹角 (度)；

C 、 φ —— 土的抗剪强度指标，采用总应力法时，取总应力指标，采用有效应力法时，取有效应力指标。

5.1.2.2 有效应力法

$$K = \frac{\sum (Cb + (W - U) \operatorname{tg} \varphi) \frac{1}{m_\theta}}{\sum W \sin \theta + D \cos(\alpha - \theta)}$$

(5.1.2.2-1)

式中：

K —— 整个滑体剩余下滑力计算的安全系数；

b —— 单个土条的宽度 (m)；

W —— 条块重力 (kN)，浸润线以上取重度，以下取饱和重度；

U —— 条块所受到的浮力 (kN)；

D —— 条块所受的渗透力 (kN)，据孔隙水压力梯度场积分得出；

θ —— 条块的重力线与通过此条块底面中点半径之间的夹角 (度)；

α —— 条块的渗透力与水平线的夹角 (度)；

C 、 φ —— 土的抗剪强度指标，采用总应力法时，取总应力指标，采用有效应力法时，取有效应力指标。

注意： m_θ 的计算参见[公式 \(5.1.2.1-2\)](#)。

5.1.3 JanBu法

5.1.3.1 总应力法

$$K = \frac{\sum (Cb + (W + \Delta H) \operatorname{tg} \varphi) \frac{1}{m_\theta}}{\sum (W + \Delta H) \sin \theta}$$

(5.1.3.1-1)

$$\Delta H = H_{i+1} - H_i$$

(5.1.3.1-2)

$$H_i = P_i \frac{\Delta h_i}{b} + \Delta P_i \frac{h_i}{b}$$

(5.1.3.1-3)

$$\Delta P_i = \frac{1}{K} \frac{1}{\cos \theta m_\theta} [C b + (W + \Delta H) \operatorname{tg} \varphi] - (W + \Delta H) \operatorname{tg} \theta$$

(5.1.3.1-4)



式中:

K —— 整个滑体剩余下滑力计算的安全系数;

b —— 单个土条的宽度 (m);

W —— 条块重力 (kN), 浸润线以上取重度, 以下取饱和重度;

θ —— 条块的重力线与通过此条块底面中点半径之间的夹角 (度);

H_i, H_{i+1} —— 作用条块侧面的切向力 (kN);

C, φ —— 土的抗剪强度指标, 采用总应力法时, 取总应力指标, 采用有效应力法时, 取有效应力指标。

注意: m_θ 的计算参见 [公式 \(5.1.2.1-2\)](#)。

5.1.3.2 有效应力法

$$K = \frac{\sum (C b + (W - U + \Delta H) \operatorname{tg} \varphi) \frac{1}{m_\theta}}{\sum (W + \Delta H) \sin \theta + D \cos(\alpha - \theta)}$$

(5.1.3.2-1)

注意:

1. $\Delta H, \Delta P_i, P_i$ 计算分别参见 [公式 \(5.1.3.1-2\)](#)、[\(5.1.3.1-3\)](#)、[\(5.1.3.1-4\)](#);

2. m_θ 的计算参见公式(5.1.2.1-2)。

5.2 《堤防工程设计规范GB50286-98》

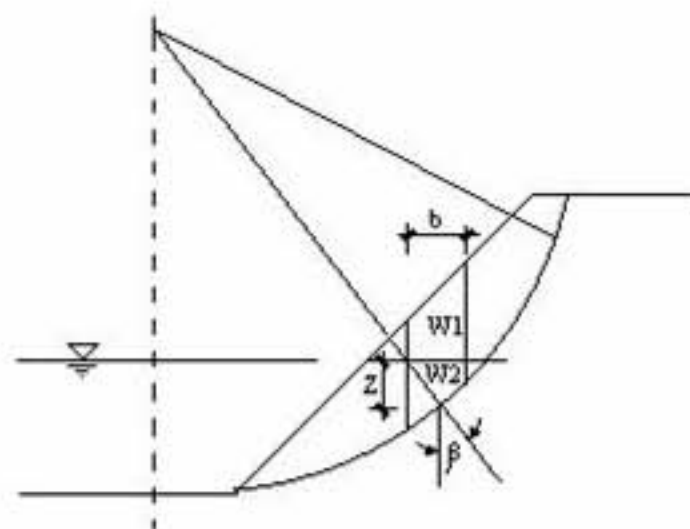


图5.2-1 堤防规范求安全系数

5.2.1 瑞典条分法

5.2.1.1 施工期安全系数（总应力法）

$$K = \frac{\sum [C_u b \sec \beta + W \cos \beta \tan \varphi_u]}{\sum W \sin \beta}$$

(5.2.1.1-1)

$$W = W_1 + W_2 + \gamma_w Z b$$

(5.2.1.1-2)

式中：

W ——条块重（kN）；

W ——条块重 (kN)；

W_1 ——在坝坡外水位以上的条块湿重 (kN)；

W_2 ——在坝坡外水位以下的条块浮重 (kN)；

γ_w ——水容重 (kN/m³)；

Z ——坝坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)；

b ——土条宽度 (m)；

β ——条块重力线与通过此条块底面重点的半径之间的夹角 (度)；

C_u 、 φ_u ——土条底面的强度指标 (kPa)、(度)，参见[表5.2-1](#)。

5.2.1.2 水位降落期安全系数 (总应力法)

$$K = \frac{\sum \{C_u b \sec \beta + [W \cos \beta - u_i b \sec \beta] \tan \varphi_u\}}{\sum W \sin \beta} \quad (5.2.1.2-1)$$

$$W = W_1 + W_2 + \gamma_w Z b \quad (5.2.1.2-2)$$

式中：

W ——条块重 (kN)；

W_1 ——在坝坡外水位以上的条块湿重 (kN)；

W_2 ——在坝坡外水位以下的条块浮重 (kN)；

γ_w ——水容重 (kN/m³)；

Z ——坝坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)；

b ——土条宽度 (m)；

Z —— 坝坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)；

b —— 土条宽度 (m)；

β —— 条块重力线与通过此条块底面重点的半径之间的夹角 (度)；

c_{cu} 、 φ_{cu} —— 土条底面的强度指标 (kPa)、(度)，参见表5.2-1；

u_i —— 水库水位降落前坝体中的孔隙压力 (kPa)。

5.2.1.3 稳定渗流期安全系数 (有效应力法)

$$K = \frac{\sum \{C' b \sec \beta + [(W_1 + W_2) \cos \beta - (u - Z \gamma_w) b \sec \beta] \tan \varphi'\}}{\sum (W_1 + W_2) \sin \beta} \quad (5.2.1.3-1)$$

$$u = \gamma_w Z' \quad (5.2.1.3-2)$$

式中：

W_1 —— 堤坡外水位以上条块重力 (kN)，浸润线以上采用天然重度，浸润线以下采用饱和重度；

W_2 —— 堤坡外水位以下条块重力 (kN)，采用浮重度计算；

Z —— 堤坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)；

Z' —— 浸润线高出条块底面中点的距离 (m)；

u —— 稳定渗流期堤身或堤基中的孔隙水压力 (kPa)；

β —— 条块的重力线与通过此条块底面中点半径之间的夹角 (度)；

γ_w —— 水的重度 (kN/m³)；

b —— 单个土条的宽度 (m)；

C' 、 φ' —— 土的抗剪强度指标，按下表5.2-1选用。

土的抗剪试验方法和强度指标

表5.2-1

堤的工作状态	计算方法	使用仪器	试验方法	强度指标
施工期	总应力法	直剪仪	快剪	C_u 、 φ_u
		三轴仪	不排水剪	
水位降落期	总应力法	直剪仪	固结快剪	C_{cu} 、 φ_{cu}
		三轴仪	固结不排水剪	
稳定渗流期	有效应力法	直剪仪	慢剪	C' 、 φ'
		三轴仪	固结排水剪	

5.2.2 简化Bishop法

5.2.2.1 施工期安全系数（总应力法）

同《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》施工期总应力法，参见[5.3.2.1.1节](#)，[公式（5.3.2.1-1）](#)。

5.2.2.2 水位降落期安全系数（总应力法）

同《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》水位降落期总应力法，参见[5.3.2.2.1节](#)，[公式（5.3.2.2-1）](#)。

5.2.2.3 稳定渗流期安全系数（有效应力法）

同《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》稳定渗流期计算方法，参见[5.3.2.3节](#)。

注意：《堤防工程设计规范GB50286-98》未提供具体公式，参照《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》。

5.2.3 JanBu法

《堤防工程设计规范GB50286-98》规范未提供具体公式，参照通用方法得到以下公式。

5.2.3 JanBu法

《堤防工程设计规范GB50286-98》规范未提供具体公式，参照通用方法得到以下公式。

5.2.3.1 施工期安全系数（总应力法）



$$K = \frac{\sum (C_u b + (W + \Delta H) \operatorname{tg} \varphi_u) \frac{1}{m_\theta}}{\sum (W + \Delta H) \sin \beta} \tag{5.2.3.1-1}$$

5.2.3.2 水位降落期安全系数（总应力法）

$$K = \frac{\sum (C_{cu} b + (W + \Delta H - u_i b) \operatorname{tg} \varphi_{cu}) \frac{1}{m_\theta}}{\sum (W + \Delta H) \sin \beta} \tag{5.2.3.2-1}$$

5.2.3.3 稳定渗流期安全系数

$$K = \frac{\sum (C' b + [(W_1 + W_2) + \Delta H + Z \gamma_w b - u b] \operatorname{tg} \varphi') \frac{1}{m_\theta}}{\sum (W_1 + W_2 + \Delta H) \sin \beta} \tag{5.2.3.3-1}$$

5.3 《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》

5.3 《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》

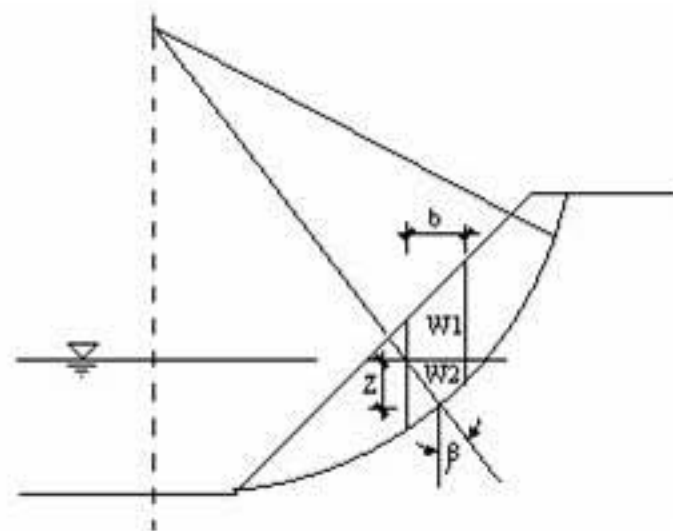


图5.3-1 碾压式土石坝规范求安全系数

5.3.1 瑞典条分法

5.3.1.1 施工期安全系数

5.3.1.1.1 总应力法

同《堤防工程设计规范GB50286-98》施工期总应力法的计算方法，参见[5.2.1.1节](#)。

5.3.1.1.2 有效应力法

$$K = \frac{\sum [C' b \sec \beta + [W \cos \beta - W B \sec \beta] \tan \varphi']}{\sum W \sin \beta}$$

(5.3.1.1-1)

$$W = W_1 + W_2 + \gamma_w Z b$$

(5.3.1.1-2)

式中：

W ——条块重 (kN)；

W_1 ——在坝坡外水位以上的条块湿重 (kN)；

W_2 ——在坝坡外水位以下的条块浮重 (kN)；

γ_W ——水容重 (kN/m³)；

Z ——坝坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)；

b ——土条宽度 (m)；

β ——条块重力线与通过此条块底面重点的半径之间的夹角 (度)；

C' 、 φ' ——土条底面的剪切强度指标 (kPa)、(度)，参见[表5.3-1](#)；

B ——孔隙压力系数，用户交互。

5.3.1.2 水位降落期安全系数

5.3.1.2.1 总应力法

同《堤防工程设计规范GB50286-98》水位降落期总应力法，参见[5.2.1.2节](#)。

5.3.1.2.2 有效应力法

同《堤防工程设计规范GB50286-98》稳定渗流期计算方法，参见[5.2.1.3节](#)。

5.3.1.3 稳定渗流期安全系数

同《堤防工程设计规范GB50286-98》稳定渗流期计算方法，参见[5.2.1.3节](#)。

5.3.2 简化Bishop法

5.3.2.1 施工期安全系数

5.3.2.1.1 总应力法

5.3.2 简化Bishop法

5.3.2.1 施工期安全系数

5.3.2.1.1 总应力法



$$K = \frac{\sum \left\{ [C_u b \sec \beta + W \sec \beta \operatorname{tg} \varphi_u] \frac{1}{\left(1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi_u \operatorname{tg} \beta}{K} \right)} \right\}}{\sum W \sin \beta}$$

(5.3.2.1-1)

5.3.2.1.2 有效应力法

$$K = \frac{\sum \left\{ [C' b \sec \beta + W \sec \beta (1 - B) \operatorname{tg} \varphi'] \frac{1}{\left(1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi' \operatorname{tg} \beta}{K} \right)} \right\}}{\sum W \sin \beta}$$

(5.3.2.1-2)

5.3.2.2 水位降落期安全系数

5.3.2.2.1 总应力法

$$K = \frac{\sum \left\{ [C_{cu} b \sec \beta + (W \sec \beta - u_i b \sec \beta) \operatorname{tg} \varphi_{cu}] \frac{1}{\left(1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi_{cu} \operatorname{tg} \beta}{K} \right)} \right\}}{\sum W \sin \beta}$$

(5.3.2.2-1)

5.3.2.2.2 有效应力法

$$K = \frac{\sum \left\{ [C' b \sec \beta + ((W_1 + W_2) \sec \beta - (u - \gamma_w Z) b \sec \beta) \operatorname{tg} \varphi'] \frac{1}{\left(1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi' \operatorname{tg} \beta}{K} \right)} \right\}}{\sum (W_1 + W_2) \sin \beta}$$

(5.3.2.2-2)

5.3.2.3 稳定渗流期安全系数

同水位降落期的有效应力法，参见[公式 \(5.3.2.2-2\)](#)。

5.3.3 JanBu法

《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》规范未提供具体公式，参照通用方法得到以下公式。

5.3.3.1 施工期安全系数

5.3.3.1.1 总应力法

$$K = \frac{\sum \left\{ [C_u b + (W + \Delta H) \operatorname{tg} \varphi_u] \frac{1}{m_\varphi} \right\}}{\sum (W + \Delta H) \sin \beta}$$

(5.3.3.1-1)

5.3.3.1.2 有效应力法

$$K = \frac{\sum \left\{ [C' b + (W(1 - B) + \Delta H) \operatorname{tg} \varphi'] \frac{1}{m_\varphi} \right\}}{\sum (W + \Delta H) \sin \beta}$$

(5.3.3.1-2)

5.3.3.2 水位降落期安全系数

5.3.3.2.1 总应力法

$$K = \frac{\sum \left\{ [C_{cu}b + (W + \Delta H - u_i b) \operatorname{tg} \varphi_{cu}] \frac{1}{m_\varphi} \right\}}{\sum (W + \Delta H) \sin \beta}$$

(5.3.3.2-1)

5.3.3.2.2 有效应力法

$$K = \frac{\sum \left\{ [C'b + ((W_1 + W_2) + \Delta H + \gamma_w Zb - ub) \operatorname{tg} \varphi'] \frac{1}{m_\varphi} \right\}}{\sum (W_1 + W_2 + \Delta H) \sin \beta}$$

(5.3.3.2-2)

5.3.3.3 稳定渗流期安全系数

同水位降落期的有效应力法，参见[公式 \(5.3.3.2-2\)](#)。

不同情况下抗剪强度指标的测定方法参见下表：

抗剪强度指标的测定和应用

表5.3-1

控制稳定的时期	强度计算方法	土类		使用仪器	试验方法与代号	强度指标	试样起始状态
施 工 期	有效应力法	无粘性土		直剪仪	慢剪	C'' 、 φ	填土用填筑含水量和填筑密度的土，地基用原状土
				三轴仪	排水剪（S或CD）		
		粘性土	饱和度 小于80%	直剪仪	慢剪		
				三轴仪	不排水剪测孔隙压力（Q或uu）		
			饱和度 大于80%	直剪仪	慢剪		
				三轴仪	固结不排水剪测孔隙压力（R或Cu）		
	总应力法	粘性土	渗透系数 $<10^{-7}$ cm/s	直剪仪	快剪	C_u 、 φ_u	
任何渗透系数			三轴仪	不排水剪（Q或uu）			
稳定渗流期和水库水位降落期	有效应力法	无粘性土		直剪仪	慢剪	C'' φ'	同上，但要预先饱和
				三轴仪	排水剪（S或CD）		
		粘性土		直剪仪	慢剪	C_{cu}	
水库水位降落期	总应力法	粘性土		三轴仪	固结不排水剪测孔隙压力（R或CD）	φ_{cu}	

注：当试验方法为十字板剪切试验时，需输入土层的抗剪强度 τ_0 及强度随深度增长系数 m ，则地层中任意点的抗剪强度为 $\tau = \tau_0 + mZ$ ，进行整体稳定分析时，取内摩擦角为0，粘聚力为 c 进行计算。

5.4 《碾压式土石坝设计规范SL274-2001》

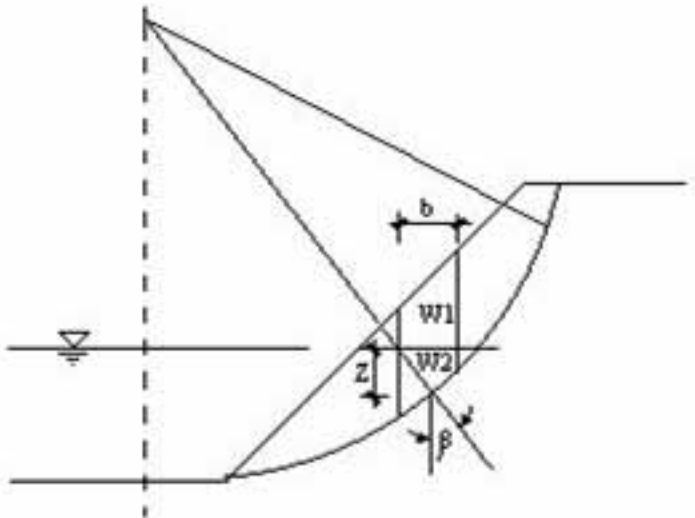


图5.41 碾压式土石坝规范求安全系数

5.4.1 瑞典条分法

5.4.1.1 施工期安全系数

5.4.1.1.1 总应力法

$$K = \frac{\sum \{ [(W \pm V) \cos \alpha - ub \sec \alpha - Q \sin \alpha] \tan \varphi_u + c_u b \sec \alpha \}}{\sum [(W \pm V) \sin \alpha + M_c / R]} \tag{5.4.1.1-1}$$

$$W = W_1 + W_2 \tag{5.4.1.1-2}$$

式中：

- W —— 条块重 (kN) ；
- W₁ —— 在坝坡外水位以上的条块湿重 (kN) ；

W_2 ——在坝坡外水位以下的条块浮重 (kN)；

Q 、 V ——分别为水平和垂直地震惯性力 (kN) (向上为负，向下为正)；

u ——作用于土条底面的孔隙压力 (kPa)，取0；

b ——土条宽度 (m)；

α ——条块重力线与通过此条块底面重点的半径之间的夹角 (度)；

c_u 、 φ_u ——土条底面的强度指标 (kPa)、(度)，参见表5.4-1；

M_C ——水平地震惯性力对圆心的力矩 (kN.m)；

R ——圆弧半径 (m)。

5.4.1.1.2 有效应力法

参见5.4.1.1.1节计算。其中孔隙水压 u 算采用计算公式：

$$u = u_0 - \gamma_w Z \quad (5.4.1.1.2-1)$$

$$u_0 = \gamma \cdot hB \quad (5.4.1.1.2-2)$$

式中：

γ_w ——水容重 (kN/m³)；

Z ——坝坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)；

u ——作用于土条底面的孔隙压力 (kPa)；

u_0 ——施工期孔隙压力 (kPa)；

B ——孔隙压力系数，用户交互；

γ ——某点以上土的平均容重 (kN/m³)；

h ——某点以上的填土高度 (m)。

注意：

- 1. 强度指标 c' 、 φ 取值参见表5.4-1；
- 2. 孔隙水压 <0 时，处理为0。

5.4.1.2 水位降落期安全系数

5.4.1.2.1 总应力法

$$K = \frac{\sum \{ [(W \pm V) \cos \alpha - ub \sec \alpha - Q \sin \alpha] \tan \varphi_{cu} + c_{cu} b \sec \alpha \}}{\sum [(W' \pm V') \sin \alpha + M_c / R]} \tag{5.4.1.2-1}$$

$$W = W_1 + W_2 \tag{5.4.1.2-2}$$

$$W' = W'_1 + W'_2 \tag{5.4.1.2-3}$$

$$u = u_i - \gamma_w Z \tag{5.4.1.2-4}$$

$$u_i = \gamma_w \cdot Z' \tag{5.4.1.2-5}$$

式中：

- W —— 水位降落前条块重（kN）；
- W_1 —— 水位降落前坝坡外水位以上的条块湿重（kN）；
- W_2 —— 水位降落前坝坡外水位以下的条块浮重（kN）；
- W' —— 水位降落后条块重（kN）；
- W'_1 —— 水位降落后坝坡外水位以上的条块湿重（kN）；

W_2' —— 水位降落后坝坡外水位以下的条块浮重 (kN)；

γ_W —— 水容重 (kN/m³)；

Z' —— 浸润线高出条块底面中点的距离 (m)；

Z —— 坝坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)；

b —— 土条宽度 (m)；

β —— 条块重力线与通过此条块底面重点的半径之间的夹角 (度)；

C_{cu} 、 φ_{cu} —— 土条底面的强度指标 (kPa)、(度)，参见表5.4-1；

u —— 作用于土条底面的孔隙压力 (kPa)；

u_i —— 水库水位降落前坝体中的孔隙压力 (kPa)。

5.4.1.2.2 有效应力法

参见5.4.1.1.1节计算。其中孔隙水压 u 算采用计算公式：

$$u = u_i - \gamma_W Z$$

(5.4.1.2-6)

式中：

u —— 作用于土条底面的孔隙压力 (kPa)；

u_i —— 水位降落后的孔隙水压 (kPa)，计算参见公式(5.4.1.2-5)；

γ_W —— 水容重 (kN/m³)；

Z —— 坝坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)。

注意：

1. 强度指标 c' 、 φ 取值参见表5.4-1；

2. 孔隙水压 <0 时，处理为0。

5.4.1.3 稳定渗流期安全系数

参见5.4.1.1.1节计算。其中孔隙水压 u 采用计算公式：

$$u = u_i - \gamma_w Z \tag{5.4.1.3-1}$$

式中：

- u —— 作用于土条底面的孔隙压力（kPa）；
- u_i —— 稳定渗流期的孔隙水压（kPa）， 计算参见公式（5.4.1.2-5）；
- γ_w —— 水容重（kN/m³）；
- Z —— 坝坡外水位高出条块底面中点的距离（m）。

注意：

- 1. 强度指标 c' 、 φ 取值参见表5.4-1；
- 2. 孔隙水压 <0 时，处理为0。

5.4.2 简化Bishop法

$$K = \frac{\sum \{ [(W \pm V) \sec \alpha - ub \sec \alpha] [g \varphi' + c' b \sec \alpha] [1 / (1 + \tan \alpha \tan \varphi' / K)] \}}{\sum [(W \pm V) \sin \alpha + M_c / R]} \tag{5.4.2-1}$$

$$W = W_1 + W_2 \tag{5.4.2-2}$$

式中：

- W —— 条块重（kN）；
- W_1 —— 在坝坡外水位以上的条块湿重（kN）；

W_2 ——在坝坡外水位以下的条块浮重 (kN)；

V ——垂直地震惯性力 (kN) (向上为负，向下为正)；

u ——作用于土条底面的孔隙压力 (kPa)，取0；

b ——土条宽度 (m)；

α ——条块重力线与通过此条块底面重点的半径之间的夹角 (度)；

c' 、 φ' ——土条底面的强度指标 (kPa)、(度)，参见表5.4-1；

M_C ——水平地震惯性力对圆心的力矩 (kN.m)；

R ——圆弧半径 (m)。

注意：对施工期、水库水位降落期和稳定渗流期孔隙水压的考虑参见5.4.1节。

5.4.3 JanBu法

《碾压式土石坝设计规范SL274--2001》规范未提供具体公式，参照通用方法得到以下公式：

$$K = \frac{\sum [(W \pm V + \Delta H) \sec \alpha - ub \sec \alpha] [g\varphi' + c' b \sec \alpha] [1 / (1 + \tan \alpha \tan \varphi' / K)]}{\sum [(W \pm V + \Delta H) \sin \alpha + M_C / R]}$$

(5.4.3-1)

$$W = W_1 + W_2$$

(5.4.3-2)

式中：

W ——条块重 (kN)；

W_1 ——在坝坡外水位以上的条块湿重 (kN)；

W_2 ——在坝坡外水位以下的条块浮重 (kN)；

V ——垂直地震惯性力 (kN) (向上为负，向下为正)；

注意：对施工期、水库水位降落期和稳定渗流期孔隙水压的考虑参见5.4.1节。

5.4.3 JanBu法

《碾压式土石坝设计规范SL274--2001》规范未提供具体公式，参照通用方法得到以下公式：

$$K = \frac{\sum [(W \pm V + \Delta H) \sec \alpha - ub \sec \alpha] \{g\varphi' + c' b \sec \alpha\} [1 / (1 + \tan \alpha \tan \varphi' / K)]}{\sum [(W \pm V + \Delta H) \sin \alpha + M_C / R]}$$

(5.4.3-1)

$$W = W_1 + W_2$$

(5.4.3-2)

式中：

W —— 条块重 (kN)；

W_1 —— 在坝坡外水位以上的条块湿重 (kN)；

W_2 —— 在坝坡外水位以下的条块浮重 (kN)；

V —— 垂直地震惯性力 (kN) (向上为负，向下为正)；

u —— 作用于土条底面的孔隙压力 (kPa)，取0；

b —— 土条宽度 (m)；

α —— 条块重力线与通过此条块底面重点的半径之间的夹角 (度)；

c' 、 φ' —— 土条底面的强度指标 (kPa)、(度)，参见表5.4-1；

M_C —— 水平地震惯性力对圆心的力矩 (kN.m)；

R —— 圆弧半径 (m)。

注意：对施工期、水库水位降落期和稳定渗流期孔隙水压的考虑参见5.4.1节。

抗剪强度指标的测定和应用

表5.4-1

控制稳定的时期	强度计算方法	土类		使用仪器	试验方法与代号	强度指标	试样起始状态
施 工 期	有效应力法	无粘性土		直剪仪	慢剪 (S)	C', φ'	填土用填筑含水量和填筑容重的土, 坝基用原状土
				三轴仪	固结排水剪 (CD)		
		粘性土	饱和度 小于80%	直剪仪	慢剪		
				三轴仪	不排水剪测孔隙压力 (UU)		
			饱和度 大于80%	直剪仪	慢剪 (S)		
				三轴仪	固结不排水剪测孔隙压力 (CU)		
	总应力法	粘性土	渗透系数 $<10^{-7} \text{ cm/s}$	直剪仪	快剪 (Q)	C_u	
			任何渗透系数	三轴仪	不排水剪 (UU)	φ_u	
稳定渗流期和水库水位降落期	有效应力法	无粘性土		直剪仪	慢剪 (S)	C', φ'	同上, 但要预先饱和, 而浸润线以上的土不需饱和
				三轴仪	固结排水剪 (CD)		
		粘性土		直剪仪	慢剪 (S)		
				三轴仪	固结不排水剪测孔隙压力 (CU) 或固结排水剪 (CD)		
水库水位降落期	总应力法	粘性土	渗透系数 $<10^{-7} \text{ cm/s}$	直剪仪	固结快剪 (R)	C_{cu}	
			任何渗透系数	三轴仪	固结不排水剪 (CU)	φ_{cu}	

注：表内施工期总应力法抗剪强度为坝体填土非饱和土，对于坝基饱和土，抗剪强度指标应改为 C_{cu} 、

φ_{cu} 。

5.5 其它因素的影响

5.5.1 关于渗透力

按照边坡稳定有效应力分析方法的基本理论，对渗透力的考虑有两种情况。第一种情况取土骨架为隔离体，安全系数计算公式中直接出现渗透力；第二种情况取“土骨架加水的整体”为隔离体，安全系数计算公式中不再出现渗透力。在本软件中，只有选择“通用方法”时，按第一种考虑渗透力的作用；而选择“堤防设计规范”、“碾压式土石坝设计规范”时，按第二种情况不直接考虑渗透力的作用。

渗透力对抗滑力的贡献（分子）：

$$\Delta T = D \sin(\alpha - \theta) \operatorname{tg} \varphi$$

渗透力对下滑力的贡献（分母）：

$$\Delta P = D \cos(\alpha - \theta)$$

(1) 孔隙水压力由软件近似计算时：

$$D_i = \gamma_w \Omega_{wi} I \tag{5.5.1-1}$$

$$I = \frac{(h_{wi1} - h_{wi2})}{\Delta X} \tag{5.5.1-2}$$

式中：

D_i —— 第*i*个土条中渗透力（kN），作用方向与水平面夹角为 α ；

γ_w —— 水的重力密度（kN/m³）， $\gamma_w=10$ ；

Ω_{wi} —— 第*i*个条块滑体的饱水面积（m²）；

I —— 第*i*个条块滑体中水的水力梯度；

h_{wi1} —— 第*i*个条块右侧的水头高度（m）；

h_{wi2} ——第*i*个条块左侧的水头高度（m）。

(2) 当孔隙水压力由渗流方法计算时：

软件根据渗流梯度场积分得到渗透力与渗透力的方向。

5.5.2 关于坡面外静水压力

对于“通用方法”计算稳定时，当坡外静水压力选择“考虑”时，系统自动将作用于斜坡上的静水压力分解成竖向压力与水平压力，参与稳定分析计算。

对于“堤防工程设计规范”及“碾压式土石坝规范”计算稳定时，仅在总应力法计算中系统自动将作用于斜坡上的静水压力分解成竖向压力与水平压力，参与稳定分析计算。

5.5.3 关于外荷载

本软件中设置外荷载，是为了能做边坡在各种复杂受力情况下的稳定分析，如模拟行车荷载、浪压力、边坡上的已有建筑物荷载、船舶的冲击力等等。

外荷载竖直方向的分量直接叠加到土条的重量中，当作土条重量对待，而水平方向的分量对安全分析的贡献为：

如果 $P_x \cdot \cos\theta > 0$ ：

对抗滑力的贡献（分子）：

$$\Delta T = P_x \sin \theta g \varphi + P_x \cos \theta$$

对下滑力的贡献（分母）为0。

如果 $P_x \cdot \cos\theta < 0$ ：

对抗滑力的贡献（分子）：

$$\Delta T = P_x \sin \theta g \varphi$$

对下滑力的贡献（分母）：

$$\Delta P = -P_x \cos \theta$$

5.5.4 关于筋带力

5.5.4.1 筋带力计算

筋带类型包括土工布和锚杆，选择不同材料筋带力的计算不同，筋带力取抗拉力和抗拔力中的较小值。
筋带力：

$$F_i = \min \{ F_{1i}, F_{2i} \}$$

(5.5.4.1-1)

$$F_{2i} = q_i \cdot l_{di} \cdot U_i + F_{min}$$

(5.5.4.1-2)

式中：



- F_i —— 筋带*i*的筋带力（kN）；
- F_{1i} —— 筋带*i*抗拉力（kN），用户交互；
- F_{2i} —— 筋带*i*抗拔力（kN）；
- F_{min} —— 土工布抗拔力最小值（kN）；
- q_i —— 筋带*i*粘结强度（kPa）；
- l_{di} —— 筋带*i*锚固段长（m），取滑弧以外锚固段长度；
- U_i —— 筋带*i*锚固周长（m）。

注意：

- 1. 筋带力作用方向：土工布取沿筋带方向或滑面切线方向，锚杆取沿筋带方向；
- 2. 筋带抗拉力作用方向：土工布取沿筋带方向或滑面切线方向，锚杆取沿筋带方向；
- 3. 筋带抗拔力作用方向：土工布取沿筋带方向或滑面切线方向，锚杆取沿筋带方向。

5.5.4.2 筋带抗滑力

$$T_{fi} = \beta \cdot F_i \cos(\alpha_{fi} + \theta_i)$$

(5.5.4.2-1)

式中：

- T_{fi} —— 筋带*i*产生的抗滑力（kN），作用方向：筋带*i*作用处的滑弧切向方向；
- F_i —— 筋带*i*的筋带力（kN），作用方向沿筋带方向：按公式（5.5.4.2-1）计算；作用方向沿滑面切线方向：取 $\alpha_{fi} = 0$ ， $\theta_i = 0$ ；
- θ_i —— 筋带*i*处滑弧切线与水平面的夹角（度），顺时针为正；
- α_{fi} —— 水平面与筋带*i*的夹角（度），顺时针为正，用户录入；
- β —— 抗滑力发挥系数。

注意：

- 1. 筋带的下滑力：系统取 0；
- 2. 筋带的抗滑力的法向分力：系统不计算。

5.5.5 关于地震力

5.5.5.1 地震力作用大小

计算公式：

$$E_{si} = C_i C_z K_h \alpha_i G_{si}$$

(5.5.5.1-1)

式中：

- E_{si} —— 作用于第*i*个土条的水平地震力（kN）；
- C_i —— 重要性修正系数；
- C_z —— 综合影响系数，一般取0.25；

$$E_{si} = C_i C_z K_h \alpha_i G_{si}$$

(5.5.5.1-1)

式中:

E_{si} —— 作用于第*i*个土条的水平地震力 (kN);

C_i —— 重要性修正系数;

C_z —— 综合影响系数, 一般取0.25;

K_h —— 水平地震系数, 参见表5.5-1;

α_i —— 水平地震荷载沿墙高的分布系数, 参见表5.5-2;

G_{iw} —— 第*i*个土条的重力 (kN), 有地下水时, 包括地下水的重力。

注意:

1. 不考虑竖向地震作用;
2. 地震力 E_s 的作用位置: 土条形心处, 分布系数取形心位置的系数;

3. 土条形心位置的确定 (系统取形心为质心)

地面以下的土条: 土条弦高中点;

地面以上的土条: 土条弦高度范围内的分布系数图形形心。

水平地震系数 K_h

表5.5-1

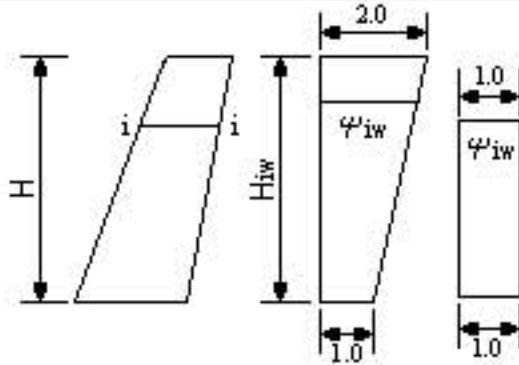
基本烈度 (度)	7	8	9
水平地震系数 K_h	0.1 (0.15)	0.2 (0.3)	0.4

注: 1. 括号外的值摘自《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004-89)表1.0.7;

2. 括号内的值摘自《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)表3.2.2。

水平地震作用沿墙高的分布系数 ϕ_{iw}

表5.5-2

	分布方式	分布系数取值	ϕ_{iw} 计算简图
地面以上	矩形	$\phi_{iw} = 1$	
	倒梯形	$\phi_{iw} = H_{iw}/H + 1$	
地面以下	矩形	$\phi_{iw} = 1$	

注：1. 本表摘自《公路工程抗震设计规范》（JTJ 004-89）表3.1.5；
2. H 为挡土墙高度（m）；
3. H_{iw} 为验算第*i*截面以上墙身重心至墙底的高度（m）。

5.5.5.2 地震力作用位置

地震作用位置可为质心处或滑弧处，采用不同的作用位置，对安全系数的计算有不同的影响。
地震力对抗滑力的贡献（分子）：

$$\Delta T = -E_{si} \sin \theta_i \tan \varphi_i$$

(5.5.5.2-1)

式中：

- E_{si} —— 作用于第*i*个土条的水平地震力（kN）；
- θ_i —— 条块*i*的重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角；
- φ_i —— 条块*i*滑弧通过土层的内摩擦角（°）；
- ΔT —— 水平地震力对滑弧的抗滑作用（kN），作用方向为滑动反方向。

地震力对下滑力的贡献（分母）：

作用于滑弧处:

$$\Delta P = E_{si} \cos \theta_i \quad (5.5.5.2-2)$$

作用于质心处:

$$\Delta P = M_c / R \quad (5.5.5.2-3)$$

$$M_c = E_{si} (y_c - y_E) \quad (5.5.5.2-4)$$

式中:

E_{si} —— 作用于第*i*个土条的水平地震力 (kN);

θ_i —— 条块*i*的重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角;

ΔP —— 水平地震力对滑弧的下滑作用 (kN), 作用方向为滑动方向;

R —— 滑弧半径 (m);

M_c —— 滑弧半径 (m);

y_c —— 圆心*y*坐标 (m);

y_E —— 地震力作用位置*y*坐标 (m)。

注意:

1. 地震力作用位置的不同不影响地震抗滑力的计算;
2. 水平地震力 E_{si} : 当土条包括地面以上、以下两部分时, 为总的地震力作用。

第六章 直线法求安全系数

6.1 通用方法

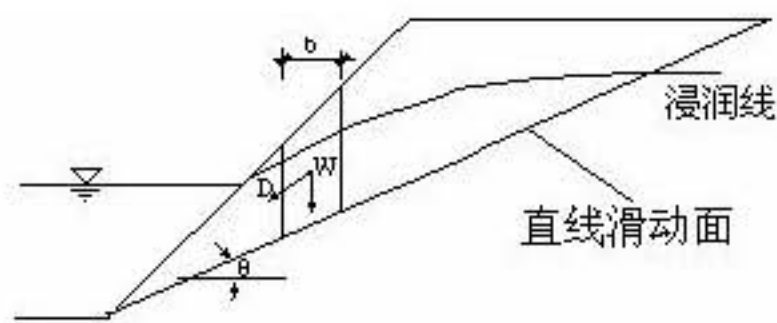


图6.1-1 通用方法求安全系数

6.1.1 总应力法

参见5.1.1.1节。

6.1.2 有效应力法

参见5.1.1.2节。

6.2 《堤防工程设计规范GB50286-98》

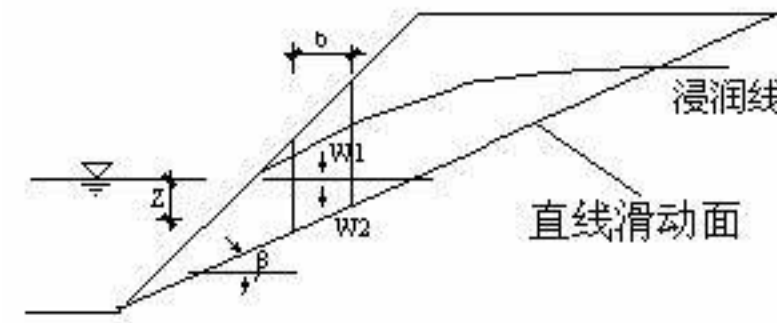


图6.2-1 堤防规范求安全系数

6.2.1 施工期安全系数（总应力法）

参见[5.2.1.1节](#)。

式中：

K —— 按[5.2.1.1节](#)计算的安全系数；

K' —— 破裂体抗滑稳定安全系数。

6.2.2 水位降落期安全系数（总应力法）

参见[5.2.1.2节](#)。

注意：安全系数考虑边坡重要性系数的影响。

6.2.3 稳定渗流期安全系数（有效应力法）

参见[5.2.1.3节](#)。

注意：安全系数考虑边坡重要性系数的影响。

6.3 《碾压式土石坝设计规范SDJ218-84》

6.3.1 施工期安全系数

参见[5.3.1.1节](#)。

注意：安全系数考虑边坡重要性系数的影响。

6.3.2 水位降落期安全系数

参见[5.3.1.2节](#)。

注意：安全系数考虑边坡重要性系数的影响。

6.3.3 稳定渗流期安全系数

参见[5.3.1.3节](#)。

注意：安全系数考虑边坡重要性系数的影响。

6.4 《碾压式土石坝设计规范SL274-2001》

6.4.1 施工期安全系数

参见[5.4.1.1节](#)。

注意：安全系数考虑边坡重要性系数的影响。

6.4.2 水位降落期安全系数

参见[5.4.1.2节](#)。

注意：安全系数考虑边坡重要性系数的影响。

6.4.3 稳定渗流期安全系数

参见[5.4.1.3节](#)。

注意：安全系数考虑边坡重要性系数的影响。

6.5 其它因素的影响

6.5.1 关于筋带力

筋带力计算参见[5.5.4节](#)。

6.5.2 关于地震力

参见5.5.5.2节。

注意：

- 1. 直线法无地面以下的分布计算；
- 2. 地震力作用于质心处。

第七章 剩余下滑力

从滑动体中取某一段滑动面，并假设该段滑动面的摩擦系数、粘聚力不变，如下图。剩余下滑力的计算请参考文献[4,5]，并做了如下假定：

- (1) 假定动水压力作用方向平行于滑动面，浮托力作用方向垂直滑动面。在系统中选择“总应力法”时，不考虑水的浮力作用，既令 $u_i=0$ 。
- (2) 假定地震力作用方向平行于滑动面，抗滑部分不考虑地震力的作用。

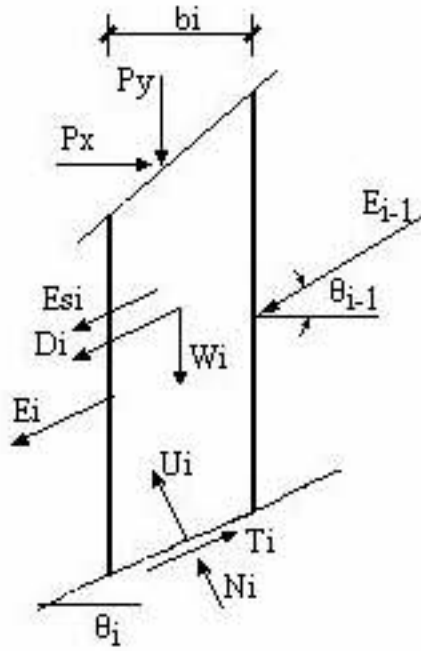


图7-1 剩余下滑力计算示意图

- T_i —— 在图中表示第*i*滑块滑面的抗滑力（kN），方向平行于滑动面；
- N_i —— 图中表示第*i*滑块滑面的有效法向反力（kN），方向垂直于滑动面。

7.1 一般情况下

剩余下滑力 E_i 的计算公式:

$$E_i = [KW_i \sin \theta_i + E_{i-1} \cos(\theta_{i-1} - \theta_i)] - [W_i \cos \theta_i + E_{i-1} \sin(\theta_{i-1} - \theta_i)] \operatorname{tg} \varphi - c_i l_i \quad (7.1-1)$$

式中:

E_i —— 第 i 滑块的剩余下滑力 (kN), 方向平行于滑动面, 当 $E_i > 0$ 时, 不稳定;

K —— 整个滑体剩余下滑力计算的安全系数, 一般情况 $K=1.25$;

W_i —— 第 i 滑块的自重重力 (kN), 自重重力的计算, 在地下水位以上取天然重度, 在地下水位以下取饱和重度;

E_{i-1} —— 第 $i-1$ 滑块的剩余下滑力 (kN), 方向平行于第 $i-1$ 滑块的滑动面, 当 $E_{i-1} < 0$ 时, 不考虑, 取 $E_{i-1}=0$;

θ_i —— 第 i 滑块滑面与水平面的夹角 (度), 从水平面开始, 顺时针为负, 逆时针为正;

θ_{i-1} —— 第 $i-1$ 滑块滑面与水平面的夹角 (度), 从水平面开始, 顺时针为负, 逆时针为正;

φ_i —— 第 i 滑块滑面处的内摩擦角 (度);

c_i —— 第 i 滑块滑面处的粘聚力 (kPa);

l_i —— 第 i 滑块滑面处的滑面长度 (m)。

7.2 有外荷载作用时

$$\Delta E_i = \left[-\sum K_{1j} P_{yj} \cos \theta_i + \sum K_{2j} P_{yj} \sin \theta_i \right] - \left[\sum P_{yj} \sin \theta_i + \sum P_{xj} \cos \theta_i \right] \operatorname{tg} \varphi \quad (7.2-1)$$

$$P_{xj} = P_j \cos(\alpha_{pj})$$

$$P_{yj} = -P_j \sin(\alpha_{pj})$$

式中:

ΔE_i —— 由于外荷载引起的剩余下滑力 (kN);

P_{xj} —— 第*i*个条块滑体上作用的第*j*个水平外荷载 (kN), 方向向左为正;

P_{yj} —— 第*i*个条块滑体上作用的第*j*个竖直外荷载 (kN), 方向向下为正;

P_j —— 第*i*个条块滑体上作用的第*j*个外荷载的合力 (kN);

α_{pj} —— 第*i*个条块滑体上作用的第*j*个外荷载的作用角度 (度), 从水平面到外力 (合力) 作用线, 逆时针为正;

K_{1j} 、 K_{2j} —— 计算系数: 当 $P_{yj} \geq 0$ 时, $K_{1j} = 1$;

当 $P_{yj} < 0$ 时, $K_{1j} = K$;

当 $P_{yj} \geq 0$ 时, $K_{2j} = K$;

当 $P_{yj} < 0$ 时, $K_{2j} = 1$ 。

7.3 关于渗透力与浮托力

$$\Delta E_i = K_d D_i + S_i \operatorname{tg} \varphi_i$$

$$D_i = \gamma_w \Omega_{wi} l$$

$$S_i = \gamma_w \Omega_{wi}$$

(7.3-3)

$$I = \frac{(h_{wi1} - h_{wi2})}{\Delta X}$$

(7.3-4)

式中:

ΔE_i —— 由于渗透力与浮托力引起的剩余下滑力 (kN);

K_d —— 计算系数:

当动水压力产生的作用促进整体滑坡的滑动时, 即 $D_i \geq 0$, 取 $K_{1d} = K$;

当动水压力产生的作用阻止整体滑坡的滑动时, 即 $D_i < 0$, 取 $K_{1d} = 1$;

D_i —— 第 i 个条块滑体中动力水头产生的下滑力 (kN);

S_i —— 第 i 个条块滑体中动力水头在滑床上产生的浮托力 (kN), 当选择“总应力法”时, 取浮托力 $S_i = 0$;

γ_w —— 水的重力密度 (kN/m³), $\gamma_w = 10$;

Ω_{wi} —— 第 i 个条块滑体的饱水面积 (m²);

I —— 第 i 个条块滑体中水的水力梯度;

h_{wi1} —— 第 i 个条块右侧的水头高度 (m);

h_{wi2} —— 第 i 个条块左侧的水头高度 (m)。

7.4 关于地震力

Ω_{wi} —— 第*i*个条块滑体的饱水面积 (m²) ;

I —— 第*i*个条块滑体中水的水力梯度;

h_{wi1} —— 第*i*个条块右侧的水头高度 (m) ;

h_{wi2} —— 第*i*个条块左侧的水头高度 (m) 。



7.4 关于地震力

$$\Delta E_i = K_E E_{si}$$

(7.4-1)

式中:

E_{si} —— 第*i*个滑块的地震力 (kN) , 作用方向为滑体滑动方向, 参见[公式 \(5.5.5.1-1\)](#) ;

ΔE_i —— 由于地震力引起的剩余下滑力 (kN) ;

K_E —— 计算系数: 当 $E_{si} \geq 0$ 时, 取 $K_E = K$;

当 $E_{si} < 0$ 时, 取 $K_E = 1$ 。

7.5 关于筋带力

$$\Delta E_i = -T_n + N_n \operatorname{tg} \varphi_i$$

(7.5-1)

$$T_n = F_i \cos(\theta_i - \alpha_n)$$

E_{si} —— 第*i*个滑块的地震力 (kN)，作用方向为滑体滑动方向，参见[公式 \(5.5.5.1-1\)](#)；

ΔE_i —— 由于地震力引起的剩余下滑力 (kN)；

K_E —— 计算系数：当 $E_{si} \geq 0$ 时，取 $K_E = K$ ；

当 $E_{si} < 0$ 时，取 $K_E = 1$ 。



7.5 关于筋带力

$$\Delta E_i = -T_n + N_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \quad (7.5-1)$$

$$T_n = F_i \cos(\theta_i - \alpha_n) \quad (7.5-2)$$

式中：

ΔE_i —— 由于筋带力引起的剩余下滑力 (kN)；

T_n —— 本滑体作用筋带的切向分力 (kN)；

N_n —— 本滑体作用筋带的法向分力 (kN) (本系统计算中未考虑)；

F_i —— 在本滑块体滑面位置处，筋带所受的拉力 (kN)；

α_n —— 在本滑块体滑面位置处，筋带与水平面的夹角 (度)，顺时针为正，当计算选择为“作用与滑面切线方向”时，取 $\alpha_n = 0$ ；当滑动面为圆弧时，计算方法同上，仅将圆弧对应部分再划分成土条计算既可。