



河南水利與環境職業學院

HENAN VOCATIONAL COLLEGE OF WATER CONSERVANCY AND ENVIRONMENT

水利工程设计实训平台

实

训

手

册



目 录

第一章 概述	1
1.1 简介	1
1.2 主要功能	1
1.3 运行环境介绍	1
第二章 系统操作说明	3
2.1 启动系统	3
2.2 基础功能	3
2.3 设计任务	4
2.4 查看成绩	31
2.5 导入导出数据	32
2.6 系统最小化	32
2.7 退出系统	32

第一章 概述

1.1 简介

系统以土石坝三维仿真模型为基础进行工程设计，通过仿真技术方便用户与三维模型进行交互设计，了解土石坝设计流程、设计参数计算、设计结果评判等内容。

1.2 主要功能

(1) 在典型土石坝的三维虚拟仿真模型上，可点击各建筑物单元进行细化设计。

(2) 系统支持对设计环节中的说明、展示、计算等内容进行标签化分类展示，通过学生交互选择，将三维仿真模型与标签进行绑定，标签跟随模型进行360°虚拟展示，通过触发标签，完成多种类型设计任务。

(3) 说明类标签支持文字、图片等设计信息。

(4) 演示类标签支持对设计过程中的一些抽象知识点或原理进行展示，表现效果好。

(5) 计算类标签可根据设计流程进行排序展示，了解设计过程中的相互关系，掌握计算原则，并支持计算的输入、输出参数功能。

(6) 可对计算分析结果进行校核，作为评分依据。

(7) 系统支持在同一界面下的多种仿真场景的切换，并且之前已经绑定的标签不会因场景切换而被释放。

(8) 支持用户导出当前的设计进度，并支持在下次进入练习模式界面时导入存档文件，继续进行设计。

(9) 设计过程中，支持展示模型的不同状态包括：透明、白模、有贴图。

(10) 支持一键生成工程设计报告，包括相关的计算参数数值、技术指标、设计分析说明等内容。

(11) 采用 Unity 3D 引擎进行系统的开发。

(12) 系统运行流畅，分析效率高，无异常错误中断，系统界面美观、操作方便、数据和分析结果展示可视化效果好。

1.3 运行环境介绍

操作系统： Windows 7(或以上) 64 位操作系统



硬盘：建议 120G 以上；

内存：建议 8G 以上；

I5 系列处理器及以上配置

本软件只能运行在中文操作系统上,软件本身为中文版本,不支持其他语种版本。

第二章 系统操作说明

2.1 启动系统

运行“水利工程设计实训平台.exe”软件，点击“开始实验”按钮，进入软件主页面，如下图：



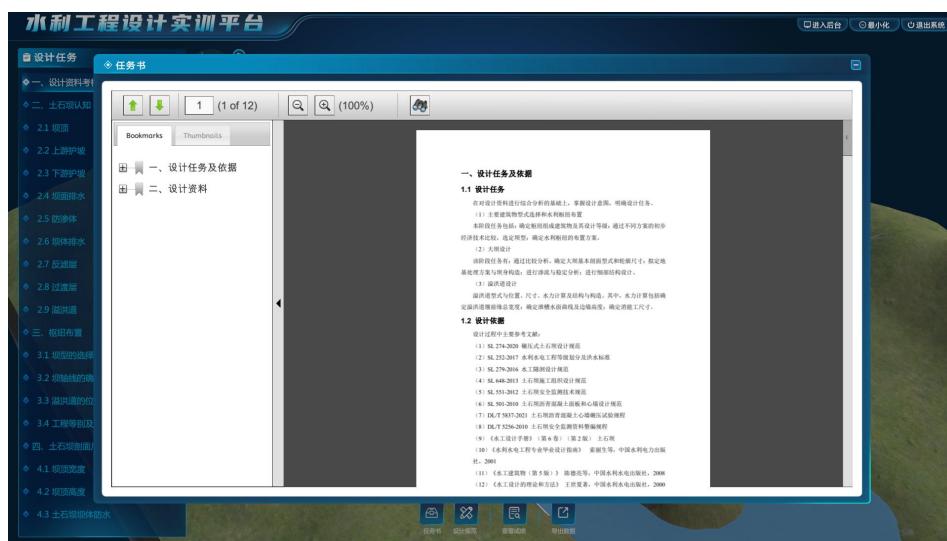
水利工程设计实训平台主要包括：系统名称、系统设计任务书、设计规范、设计任务、后台配置等内容。

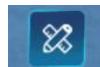
2.2 基础功能

(1) 系统名称: 水利工程设计实训平台

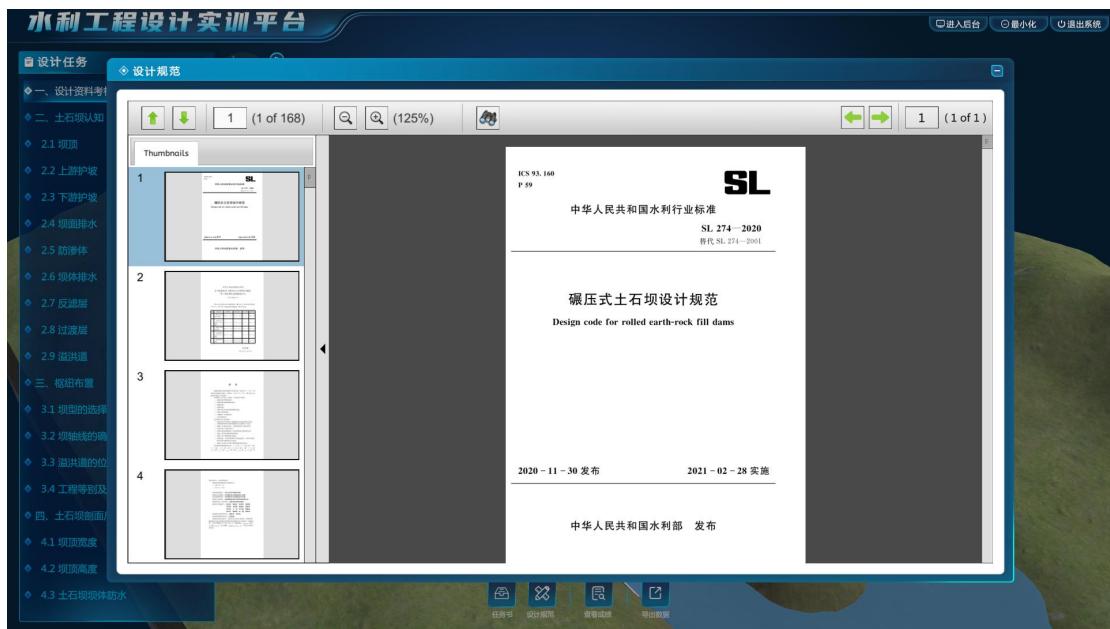


(2) 设计任务书: 点击 按钮, 查看土石坝课程设计任务书, 如下图:





(3) 设计规范: 工程资料: 点击 **设计規范** 按钮, 查看水利工程设计实训平台的设计规范, 如下图:



(4) 模型操作: 对土石坝模型进行旋转、平移、缩放等互动操作:

按住鼠标右键旋转建筑物模型;

按住鼠标左键平移建筑物模型;

滚动鼠标中键缩放建筑物模型;

点击 按钮, 恢复模型默认视角。

(5) 说明类标签: 在说明类标签窗口, 点击 放大显示说明图片信息。

2.3 设计任务

水利工程设计实训平台设计任务包含: 设计资料考核、土石坝认知、枢纽布置、土石坝剖面尺寸设计、土石料设计、渗流计算、土石坝边坡稳定计算、土石坝细部结构计算等步骤。

2.3.1 设计资料考核

选择设计任务列表中的“一、设计资料考核”步骤, 进入设计资料考核设计页面, 如下图:



设计资料考核包含以下内容：

(1) 水库特性参数：点击“水库特性”标签，弹出水库特性对话框，包含：
设计洪水位 m、设计洪水下泄流量 m^3/s 、校核洪水位 m、校核洪水下泄流量 m^3/s 、
水库吹程 km、正常蓄水位 m、汛限水位 m、设计死水位 m

(2) 水文气象参数：点击“水文气象”标签，弹出水文气象参数对话框，包含：
坝址多年最大风速 m/s 、多年平均风速 m/s 、坝址多年平均流量 m^3/s 、30 年后坝前淤积高程 m

(3) 自定义备注项：设计参数支持用户自主添加参数。

添加备注项：点击“自定义备注项”按钮，添加参数名称和参数值；

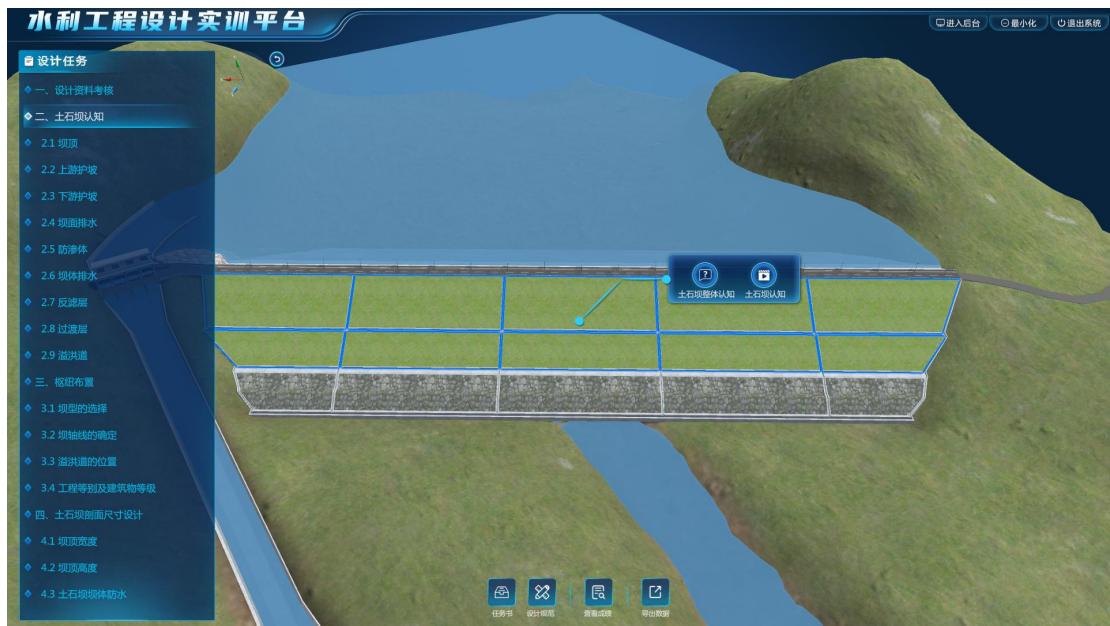
修改备注项：选择自主添加的备注项，可直接编辑参数名称和参数值，修改完成后系统自动提交内容；

删除备注项：选择自主添加的备注项，点击  按钮，删除该备注项。

(5) 数据保存：数据输入后，系统自动保存数据；
(6) 导出数据：设计过程中，点击“导出数据”按钮，导出当前设计内容保存在本机桌面，再次打开系统时，支持导入之前设计的内容。

2.3.2 土石坝认知

选择设计任务列表中的“二、土石坝认知”步骤，进入土石坝认知设计页面，如下图：



土石坝认知步骤包含以下内容：

(1) 土石坝整体认知：选择“土石坝整体认知”标签，弹出土石坝整体认知对话框，介绍土石坝概念及工作原理、土石坝特点、土石坝类型等内容；



(2) 土石坝认知视频：选择“土石坝认知”标签，弹出土石坝认知视频。点击 按钮，最大化页面播放视频。



(3) 土石坝组成结构：土石坝组成包含坝顶、上游护坡、下游护坡、坝面排水、防渗体、坝体排水、反滤层、过渡层、溢洪道。

① 坝顶：选择“2.1 坝顶”任务，点击“坝顶”标签，通过文字及图片的形式展示坝顶相应介绍内容。

◆ 坝顶

● 坝顶

- 坝顶可采用碎石、单层卵石、沥青或混凝土路面，IV-V级的土石坝也可用草皮护面。当坝顶有交通要求时，坝顶护面应满足公路路面的有关规定。
- 为排除降雨积水，坝顶护面可向下游侧放坡，坡度在2%~3%之间，并做好向下游的排水系统。
- 坝顶上游侧宜布置防浪墙，墙顶应高于坝顶1.00~1.20m，墙底必须与防渗体紧密结合。防浪墙应做成坚固不透水的结构。

② 上游护坡：选择“2.2 上游护坡”任务，点击“上游护坡”标签，通过文字及图片的形式展示设置护坡的目的及护坡的种类等。



◆ 上游护坡

■ 上游护坡

- 设置护坡的目的：
 - (1)保护上游坝坡免受波浪淘刷；
 - (2)顺坡雨水水流冲刷、冻胀干裂；
 - (3)冰层和漂浮物等的危害作用；
 - (4)防止无粘性土料被大风吹散，蛇、鼠和土栖白蚁等动物在坝坡中营洞造穴等危害。
- 上游坝面要有足够抗冲能力。已建造的土石坝，多采用堆石、干砌石和浆砌石护坡和混凝土护坡。

③ 下游护坡：选择“2.3 下游护坡”任务，点击“下游护坡”标签，通过文字及图片的形式展示设置护坡的目的及护坡的种类等。

◆ 下游护坡

■ 下游护坡

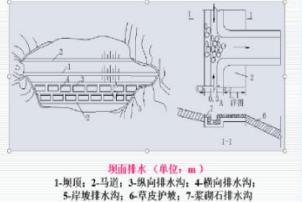
- 设置护坡的目的：
 - (1)保护上游坝坡免受波浪淘刷；
 - (2)顺坡雨水水流冲刷、冻胀干裂；
 - (3)冰层和漂浮物等的危害作用；
 - (4)防止无粘性土料被大风吹散，蛇、鼠和土栖白蚁等动物在坝坡中营洞造穴等危害。
- 下游坝坡工作条件相对上游坝坡好些，一般宜简化设置。下游护坡型式一般有草皮护坡、单层干砌石护坡、卵石或碎石护坡和混凝土格栅填石护坡等。

④ 坝面排水：选择“2.4 坝面排水”任务，点击“坝面排水”标签，通过文字及图片的形式展示坝面排水相应介绍内容。

◆ 坝面排水

■ 坝面排水

- 为了防止雨水冲刷，除干砌石或堆石护坡外，均须在下游坝坡上设坝面排水。沿土石坝与岸坡的连接处也应设置排水沟，以拦截山坡上的雨水。坝面上纵向排水沟沿马道内侧布置，横向排水沟可每隔50~100m 设置一条，总数不得少于两条。排水沟的横断面可采用浆砌石或混凝土块砌筑。



⑤ 防渗体：选择“2.5 防渗体”任务，点击“防渗体”标签，通过文字及图片的形式展示防渗体相应介绍内容。



防滲體

防滲體

- 防滲體按材料可分為土質防滲體和非土質防滲體。

其中土質防滲體包括粘土心牆和粘土斜牆。

非土質防滲體包括沥青混凝土和鋼筋混凝土心牆、斜牆、面板和複合土工膜。

(a) (b)

⑥ 坝體排水：選擇“2.6 坝體排水”任務，點擊“坝體排水”標簽，通過文字及圖片的形式展示坝體排水相應介紹內容。

坝體排水

坝體排水

- 土石坝雖設有防滲體擋滲水，但仍有一定的水量滲入坝體內。因此，應在滲流出口處設置坝體排水，將滲水有計劃地排出坝外，以降低坝體浸潤線和孔隙壓力，改變滲流方向，防止滲流逸出區產生滲透變形，增加坝坡穩定性，保護坝坡土層不產生凍脹破壞。排水設備通常由排水體和反濾層兩部分構成，在排出滲水的同時，可防止滲水帶走土顆粒。常見坝體排水包括：貼坡排水、棱體排水、網墊式排水、綜合型排水。

⑦ 反濾層：選擇“2.7 反濾層”任務，點擊“反濾層”標簽，通過文字及圖片的形式展示反濾層相應介紹內容。

反濾層

反濾層

- 在滲流出口處或進入排水設備處、土質防滲體與壩壳和壩基透水層之間，通常水力坡降大、滲流速度高，土壤易產生滲透變形。為了防止土體在滲流作用下產生滲透破壞，在以上部位設置反濾層。
- 反濾層的作用是濾土排水，一般由1~3層不同粒徑的非粘性土料鋪築而成，反濾料一般採用比較均勻的、抗風化砂、礫卵石或碎石。

⑧ 過渡層：選擇“2.8 過渡層”任務，點擊“過渡層”標簽，通過文字及圖片的形式展示過渡層相應介紹內容。



⑨ 溢洪道：选择“2.9 溢洪道”任务，点击“溢洪道”标签，通过文字及图片的形式展示溢洪道相应介绍内容。



2.3.3 枢纽布置

选择设计任务列表中的“三、枢纽布置”步骤，进入枢纽布置页面，如下图：



展示枢纽布置的流程图及枢纽布置要点，点击标签中 按钮，最大化查看枢纽布置流程图。

2.3.3.1 坝型选择

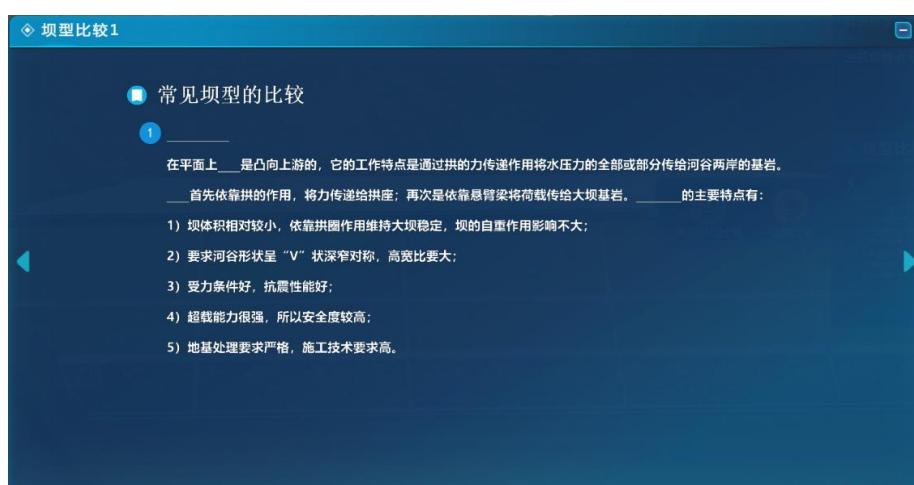
坝型选择：包含常见坝型比较、坝型比较、土石坝坝型比较三部分内容。

(1) 常见坝型比较：选择“坝型的选择”任务步骤，点击“常见坝型比较”标签，展示常见坝型比较内容。水利枢纽中的拦河坝的型式主要有：拱坝、支墩坝、重力坝、土石坝及新型坝型如碾压混凝土坝、面板堆石坝等等。



(2) 坝型比较：选择“坝型的选择”任务步骤，点击“坝型比较”标签，展示坝型比较参数。

- ① 坝型比较参数：支墩坝的特点、重力坝特点、拱坝特点、土石坝特点
- ② 点击输入框，展示对应参数的描述内容，根据参数描述填写参数数值



- ③ 自定义备注项：坝型比较参数支持用户自主添加参数。

添加备注项：点击“自定义备注项”按钮，添加参数名称和参数值；

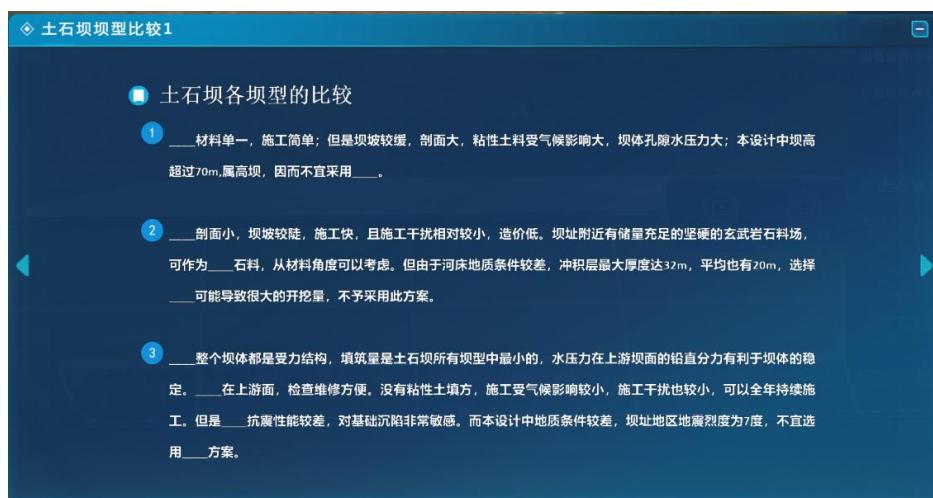
修改备注项：选择自主添加的备注项，可直接编辑参数名称和参数值，修改完成后系统自动提交内容；

删除备注项：选择自主添加的备注项，点击X按钮，删除该备注项。

(3) 土石坝坝型比较：选择“坝型的选择”任务步骤，点击“土石坝坝型比较”标签，展示土石坝坝型比较参数。

① 坝型比较参数：斜墙坝特点、面板堆石坝特点、堆石坝特点、均质坝特点、心墙坝特点。

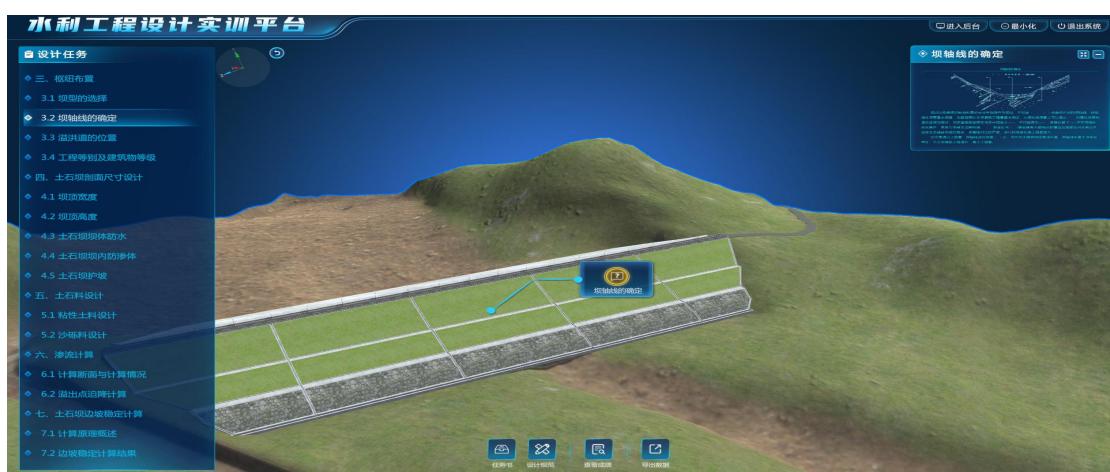
② 点击输入框，展示对应参数的描述内容，根据参数描述填写参数数值



③ 自定义备注项：土石坝坝型比较参数支持用户自主添加参数。

2.3.3.2 坝轴线的确定

选择“坝轴线的确定”任务步骤，点击“坝轴线的确定”标签，展示坝轴线的确定的内容。

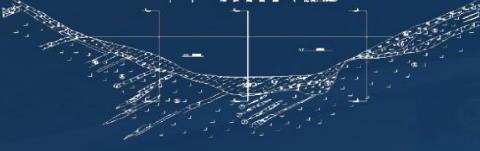


坝轴线的确定标签中介绍坝轴线的确定方式，如下图：



◆ 坝轴线的确定

坝轴线的确定



坝轴线应根据坝址区的地形地质条件,坝型坝基处理方式,枢纽中各建筑物特别是泄洪建筑物的布置和施工条件等,经多方案的技术经济比较确定。坝轴线因地制宜地选定宜采用直线。当采用折线时,在转折处应布置曲线段。设计地震烈度为8度,9度的地区不宜采用折线。从资料地质图上可以看出 I-I 剖面处地质构造总体情况良好,河床覆盖层厚度在河床中部最大34m,平均厚度为20m,坝肩处除了12m左右范围的风化岩外,其余为坚硬玄武岩构造。

综合考虑以上因素,坝轴线选在剖面 I-I 处。另外挡水建筑物按直线布置,坝轴线布置于河床较窄处,为立求减低工程造价,减少工程量。

2.3.3.3 溢洪道的位置

选择“溢洪道的位置”任务步骤,点击“洪道的位置”标签,查看溢洪道的位置介绍内容,如下图:



根据坝址的地形条件,本工程左岸有一定高程适宜的天然垭口,因此选择结构简单、运用可靠的正槽式溢洪道。

正槽溢洪道以宽顶堰或各种实用堰为溢流控制堰的河岸溢洪道,蓄水时控制堰(设闸门或不设闸门)与拦河坝一起组成挡水前缘,泄洪时堰顶高程以上的水自堰顶溢下,经过顺堰流方向的陡坡泄槽泄入下游河道。泄流能力完全由堰顶水头、尺寸以及堰的型式决定,在流量稳定于某一数值后,泄槽各断面流量都达到同一数值,正槽溢洪道水流平顺稳定,结构简单,施工方便,运用安全可靠,为大中小型工程普遍采用,尤其是拦河坝为土石坝的水库。

根据坝址的地形条件,本工程左岸有一定高程适宜的天然垭口,因此选择结构简单、运用可靠的正槽式溢洪道。

正槽溢洪道以宽顶堰或各种实用堰为溢流控制堰的河岸溢洪道,蓄水时控制堰(设闸门或不设闸门)与拦河坝一起组成挡水前缘,泄洪时堰顶高程以上的水自堰顶溢下,经过顺堰流方向的陡坡泄槽泄入下游河道。泄流能力完全由堰顶水头、尺寸以及堰的型式决定,在流量稳定于某一数值后,泄槽各断面流量都达到同一数值,正槽溢洪道水流平顺稳定,结构简单,施工方便,运用安全可靠,为大中小型工程普遍采用,尤其是拦河坝为土石坝的水库。



正槽式溢洪道位于坝址河流左岸的天然垭口处，其轴线顺山谷轴线方向，距溢洪道进口下游约 100m，两岸河谷较窄处为土石坝坝轴线位置，不仅可减小工程量，而且上游坝坡距溢洪道进口也在百米以上，以防止水流横向冲刷的影响。

2.3.3.4 工程等别及建筑物等级

选择“工程等别及建筑物等级”任务步骤，点击“工程等别及建筑物等级判定”标签，查看工程等别及建筑物等级判定介绍内容，如下图：



本工程正常蓄水位为 2822.5m, 对应水库库容为 $409.34 \times 10^6 m^3$, 装机 24MW。

根据 SDJ12—78《水利水电工程等级划分及设计标准(山区、丘陵部分)》，由水库总库容指标（估计校核情况下库容不会超过 10 亿 m^3 ）定为大(2)型；由防洪效益，灌溉面积，装机容量等指标定为小(1)型；根据“各指标分属不同标准时，采用其中最高级别来控制”的原则，最终由水库库容确定该工程规模为大(2)型。所以判别出枢纽的主要建筑物级别为 2 级，次要建筑物为 3 级，临时建筑物为 4 级。

永久建筑物洪水标准可以根据建筑物级别查得：正常运用(设计工况) 洪水重现期 100 年；非常运用(校核工况) 洪水重现期 2000 年。设计洪峰流量 $Q_{设} = 1680m^3/s$, ($P=1\%$)，校核洪峰流量 $Q_{校} = 2320 m^3/s$ ($P=0.05\%$)。

2.3.4 土石坝剖面尺寸设计

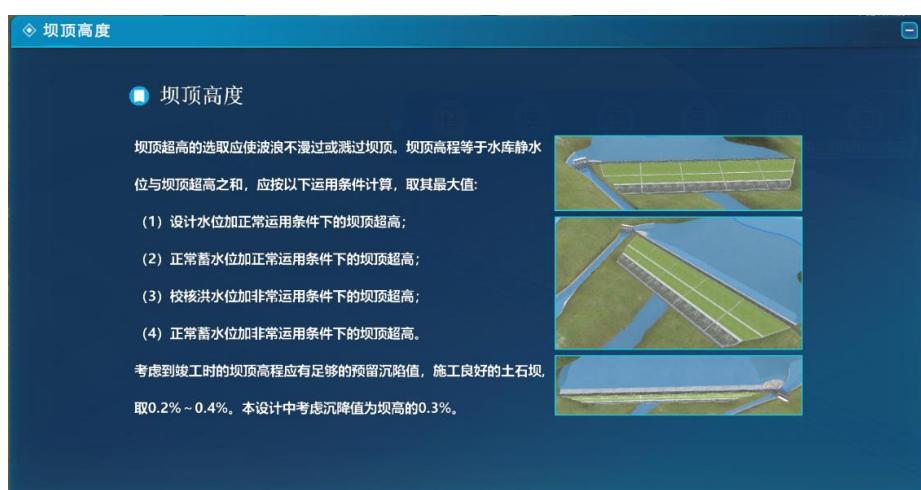
选择设计任务列表中的“四、土石坝剖面尺寸设计”步骤，进入土石坝剖面尺寸设计页面，如下图：



土石坝剖面尺寸设计包含以下内容：

- (1) 土石坝剖面尺寸设计：坝顶宽度设计、坝顶高度设计、土石坝坝体防水设计、土石坝坝内防渗体设计、土石坝护坡设计。
- (2) 坝顶宽度：设计坝顶宽度；
- (3) 坝顶高度：

① 坝顶高度：选择“坝顶高度”标签，查看坝顶高度设计原则。



- ② 设计水位加正常运用条件下：坝顶超高(m)、坝顶高程(m)、坝高(m)、实际坝高(m)；
- ③ 正常蓄水位加正常运用条件下：坝顶超高(m)、坝顶高程(m)、坝高(m)、实际坝高(m)；

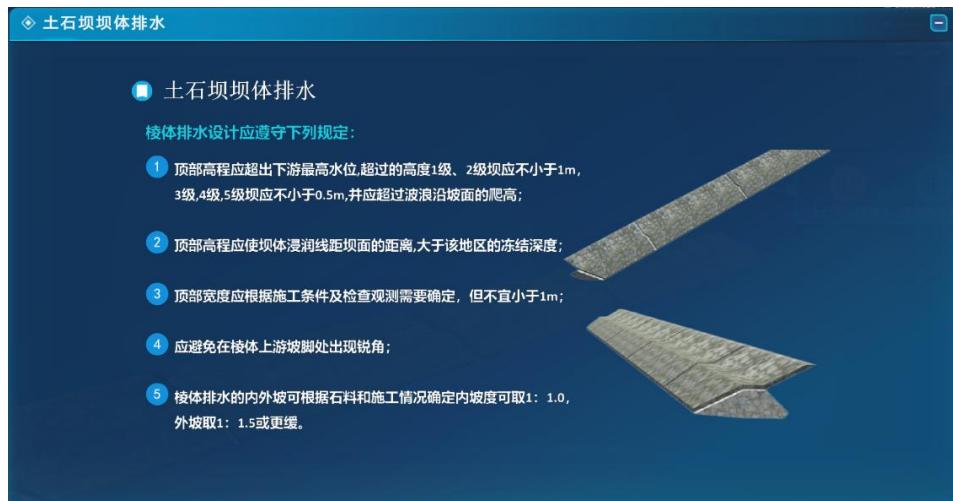
④ 校核洪水位加非常运用条件下：坝顶超高(m)、坝顶高程(m)、坝高(m)、实际坝高(m)；

⑤ 正常蓄水位加非常运用条件下加地震超高：坝顶超高(m)、坝顶高程(m)、坝高(m)、实际坝高(m)；

⑥ 坝顶高度的确定：坝顶高程(m)、坝高(m)

(3) 土石坝坝体排水：包含土石坝坝体排水及棱体排水设计。

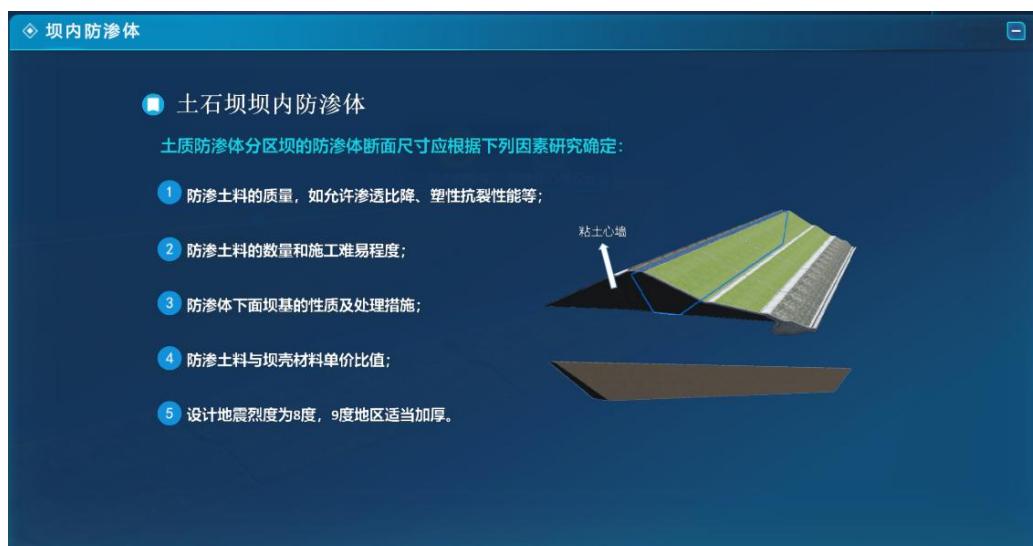
① 土石坝坝体防水说明



② 棱体排水设计参数：棱体排水顶高程 (m)、棱体排水顶宽 (m)、堆石棱体内坡坡度、堆石棱体外坡坡度；

(4) 土石坝坝内防渗体：

① 坝内防渗体：



② 防渗体心墙设计参数：心墙顶高程（m）、心墙顶部水平宽度（m）、心墙两侧边坡坡度、心墙底宽（m）；

（5）土石坝护坡：查看土石坝设置护坡的原则及必要性内容。

2.3.5 土石料设计

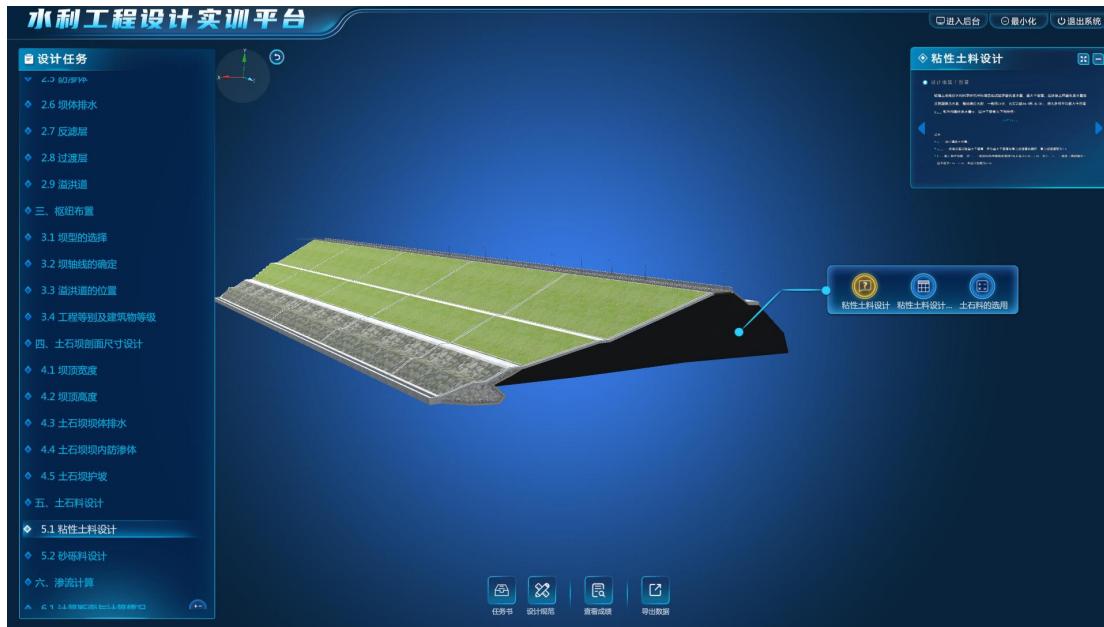
选择设计任务列表中的“五、土石料设计”步骤，进入土石料设计页面，如下图：



土石料设计流程：土石料设计、粘性土料的设计、填土压实度、土料天然含水率、土场自然干容重、设计干容重、土料的选用、砂砾料设计、设计相对密实度、湿容重、浮容重、沙砾料的选用。

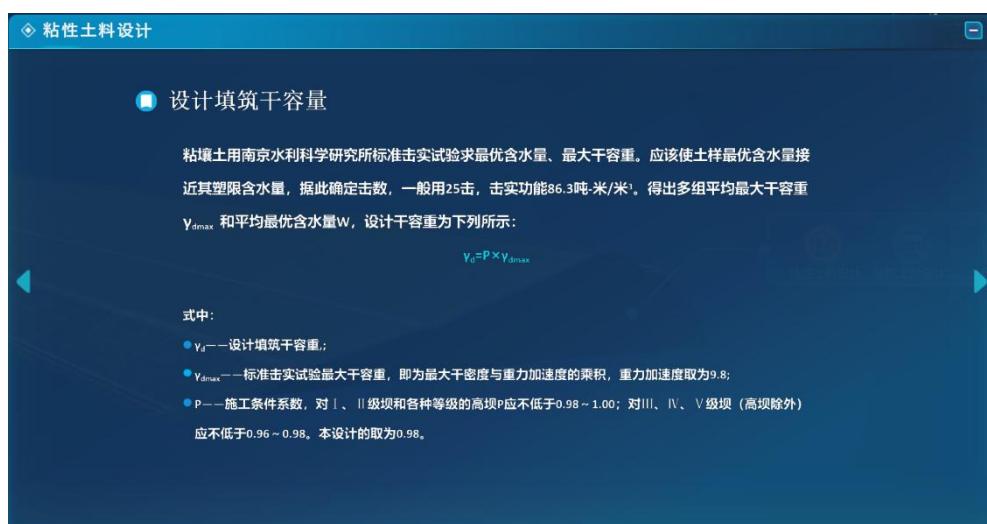
2.3.5.1 粘性土料设计

选择“粘性土料设计”任务步骤，进入粘性土料设计页面，如下图：



粘性土料设计包含以下内容：

(1) 粘性土料设计：点击“粘性土料设计”标签，弹出粘性土料设计内容，含粘性土料的填筑密度、设计最优含水量、设计干容重。



(2) 粘性土料设计成果表：

粘性土料设计成果表										
	比重	最大干容重kN/m ³	最优含水量%	设计干容重kN/m ³	塑限含水量%	塑性指数	填筑含水量%	自然含水量%	灌容重kN/m ³	浮容重kN/m ³
1#下	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	
2#下	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	
1#上	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	
2#上	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	
3#下	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	

(3) 土石料的选用参数：主料场选用、辅助及备料场选用。点击参数输入框查看选用规则。



料场名称	物理性质															力学性质			化学性						
	自然容重			孔隙率%	孔隙比	稠度			颗粒级配(成分%, 颗粒d)			击实			饱和度	液限%	塑限%	粘土量大干密度	最优含水率%	渗透系数10-6cm/s	内摩擦角deg	凝聚力kPa	圆柱压缩系数cm2/kg	有机含量灼热法%	可溶盐含量%
	湿	干	比重			流限%	缩限%	塑性指数	砾	粗中	细	粉	粘土	最大干密度	最优含水率%										
	KN/m3					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										
选项1 1#下	24.8	18.91	15.16	2.67	42.26	0.734	42.60	23.14	19.46	0.93	7.47	5.95	17.87	35.48	33.23	1.60	22.07	4.317	24.67	24.0	0.021	1.73	0.070		
选项2 2#上	24.2	18.91	15.18	2.67	41.90	0.721	43.90	22.20	21.70	0.91	7.25	4.15	14.35	41.75	32.25	1.65	21.02	4.80	25.50	23.0	0.020	1.90	0.019		
选项3 1#上	25.6	17.35	13.03	2.65	49.80	0.990	49.57	25.00	24.57	0.87	8.83	8.00	17.50	31.00	34.67	1.56	22.30	1.90	23.17	25.0	0.026	2.20	0.110		
选项4 2#上	26.3	16.37	12.84	2.74	52.30	1.093	49.90	26.30	23.50	0.69	4.50	4.33	20.67	36.20	34.30	1.54	23.80	3.96	21.50	38.0	0.033	0.25	0.110		
选项5 3#下	15.9	19.11	16.64	2.70	37.00	0.580	34.00	20.00	14.00	0.67	6.40	9.00	12.00	35.00	19.60	1.80	16.90	3.00	28.00	17.0	0.010	1.90	0.080		

2.3.5.2 沙砾料设计

选择“沙砾料设计”任务步骤，进入沙砾料设计页面，包含：沙砾料设计、相对密实度的计算、沙砾料计算汇总表、沙砾料的选用等内容。

The screenshot shows the 'Hydropower Engineering Design Practice Platform' interface. On the left, a sidebar lists various design tasks under 'Design Tasks'. The 'Sand Gravel Material Design' task is currently selected. The main area displays a 3D model of a dam cross-section with green grass on top and grey layers below. To the right of the model, there are four circular buttons labeled: 'Sand Gravel Material Design', 'Relative Density Calculation', 'Sand Gravel Material Calculation Summary', and 'Selection of Sand Gravel Materials'. At the bottom, there are several small icons for navigating between tabs.

沙砾料设计包含以下内容：

(1) 砂砾料设计：点击“砂砾料设计”标签，弹出砂砾料设计内容。

◆ 砂砾料设计

● 砂砾料设计

坝壳砂砾料填筑的设计指标以相对密实度表示如下式所示:

$$D_r = (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$$

$$\text{湿容重 } \gamma = \gamma_d \times (1 + \omega)$$

$$\text{浮容重 } \gamma' = (G_s - 1) \times \gamma_w / (1 + e)$$

$$\text{孔隙比 } e = n / (1 - n)$$

式中:

- e 、 n 分别为为填筑的砂、砂卵石或地基原状砂、砂卵石的孔隙比、孔隙率;
- e_{max} 为最大孔隙比, e_{min} 为最小孔隙比, 本设计中 $e_{max}=0.44$, $e_{min}=0.27$;
- γ_d 为填筑的砂、砂卵石或原状砂、砂卵石干容重, ω 为保持含水率;
- G_s 为比重, γ_w 为水的重度, 取为 9.8 kN/m^3 ;

设计相对密实度 D_r 要求不低于 $0.70 \sim 0.75$; 地震情况下, 浸润线以下土体按设计烈度大小 D_r 不低于 $0.75 \sim 0.80$ 。

(2) 相对密实度计算: 点击“相对密实度计算”标签, 查看相对密实度计算详细数据。

◆ 相对密实度的计算

	最大孔隙比 e_{max}	最小孔隙比 e_{min}	孔隙比 e	相对密实度 D_r
1#上	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
2#上	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
3#上	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
4#上	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
1#下	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
2#下	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
3#下	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
4#下	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容

(3) 砂砾料计算: 点击“砂砾料计算”标签, 查看砂砾料计算汇总表。

◆ 砂砾料计算汇总表

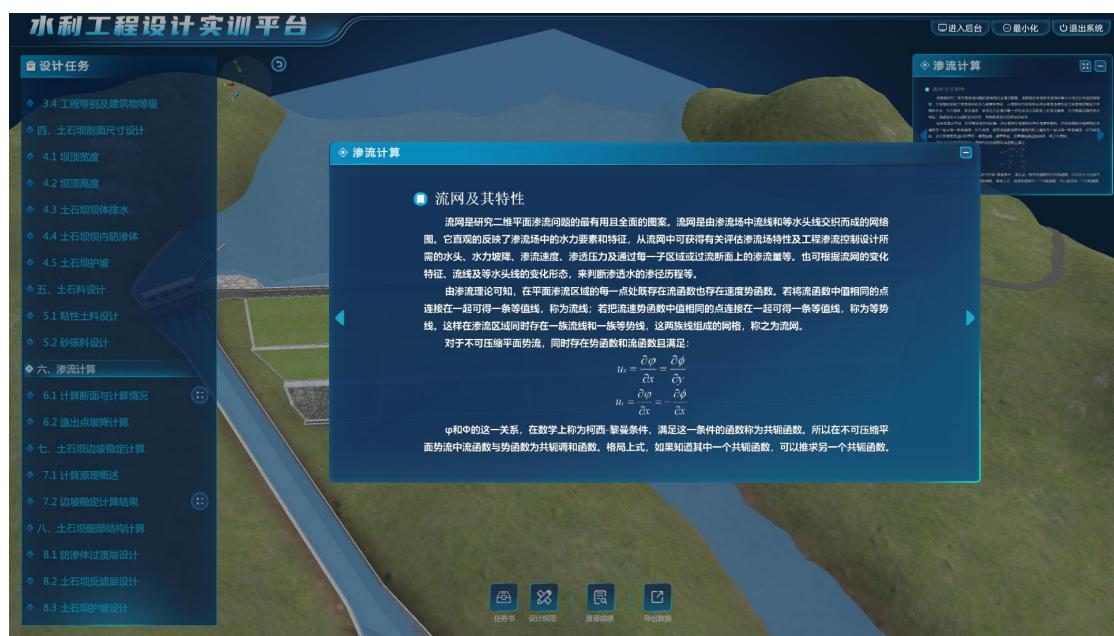
	不均匀系数	>5mm砾石%	比重 G_s	天然孔隙比 e	相对密实度 D_r	设计干容重 kN/m^3	设计孔隙比 e	保持含水量%	湿容重 kN/m^3	浮容重 kN/m^3
1#上	50.12	52.5	2.75	请输入内容	请输入内容	18.216	请输入内容	5	请输入内容	11.592
2#上	45.71	52.2	2.74	请输入内容	请输入内容	17.56	请输入内容	5	请输入内容	11.149
3#上	24.547	47.7	2.76	请输入内容	请输入内容	18.686	请输入内容	5	请输入内容	11.916
4#上	37.15	53.8	2.75	请输入内容	请输入内容	18.478	请输入内容	5	请输入内容	11.759
1#下	46.77	53.5	2.75	请输入内容	请输入内容	18.216	请输入内容	5	请输入内容	11.592
2#下	40.74	55.9	2.73	请输入内容	请输入内容	18.157	请输入内容	5	请输入内容	11.506
3#下	64.57	55.3	2.73	请输入内容	请输入内容	18.083	请输入内容	5	请输入内容	11.459
4#下	44.67	53.5	2.72	请输入内容	请输入内容	17.659	请输入内容	5	请输入内容	11.167

(4) 砂砾料选用: 根据参数, 选择砂料主料。

	颗粒直 径筛分	300 ~ 100	100 ~ 60	60 ~ 20	20 ~ 2.5	2.5 ~ 1.2	1.2 ~ 0.6	0.6 ~ 0.3	0.3 ~ 0.15	<0.15	容重 kN/m³	比重	孔隙率%	软弱 粒%	有机物
选项1	1#上	5.2	18.6	21.4	12.3	18.6	13.9	5.4	4.6	0.3	18.6	2.75	32.5	2.0	淡色
选项2	2#上	4.8	17.8	20.3	14.1	17.8	14.8	4.6	5.3	0.5	17.9	2.74	34.7	1.5	淡色
选项3	3#上	3.8	15.4	18.5	15.3	16.4	20.5	3.5	6.2	0.4	19.1	2.76	31.0	0.9	淡色
选项4	4#上	6.0	18.3	19.4	16.4	15.6	16.7	4.8	2.5	0.3	19.0	2.75	31.5	1.2	淡色
选项5	1#下	4.5	14.1	20.1	23.2	14.9	7.2	8.6	7.2	0.2	18.6	2.75	32.5	2.5	淡色
选项6	2#下	3.9	19.2	22.4	18.7	19.1	8.3	5.7	2.8	0.1	18.5	2.73	32.2	0.8	淡色
选项7	3#下	5.0	23.1	19.1	14.2	18.4	8.9	6.3	4.1	0.9	18.4	2.73	32.5	1.0	淡色
	4#下	4.1	22.4	18.7	14.1	17.9	14.4	4.1	3.6	0.7	18.0	2.72	33.8	1.2	淡色

2.3.6 渗流计算

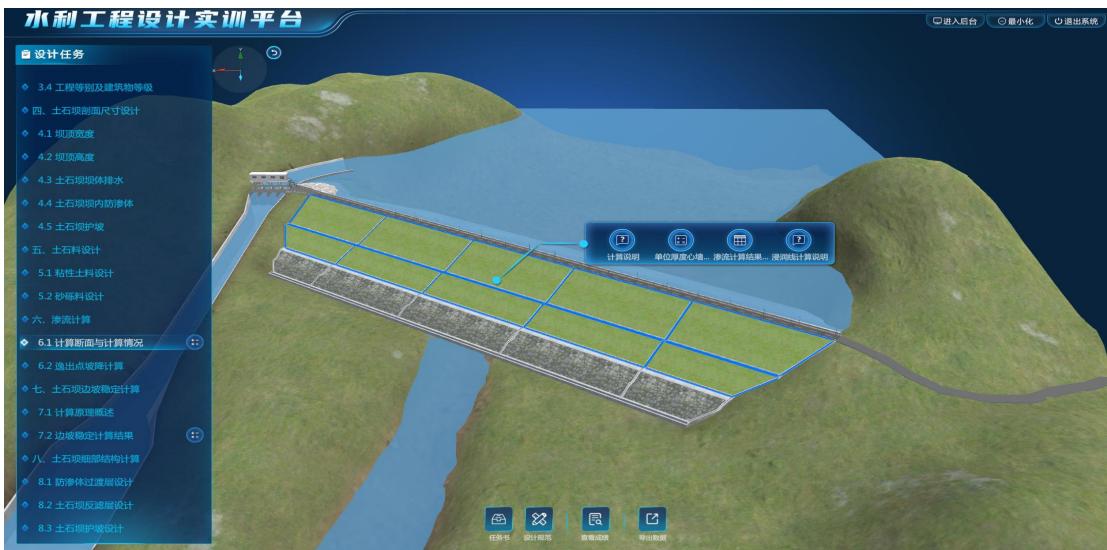
选择设计任务列表中的“六、闸基渗流计算”步骤，进入闸基渗流计算页面，如下图：



渗流计算的目的在于求解渗透压力、渗透坡降，并验算地基土在初步拟定的地下轮廓线下的抗渗稳定性。常用的渗流计算方法有流网法和改进阻力系数法；对于地下轮廓线比较简单，地基又不复杂的中、小型工程，可考虑采用直线比例法，对于大型土石坝一般采用改进系数法。

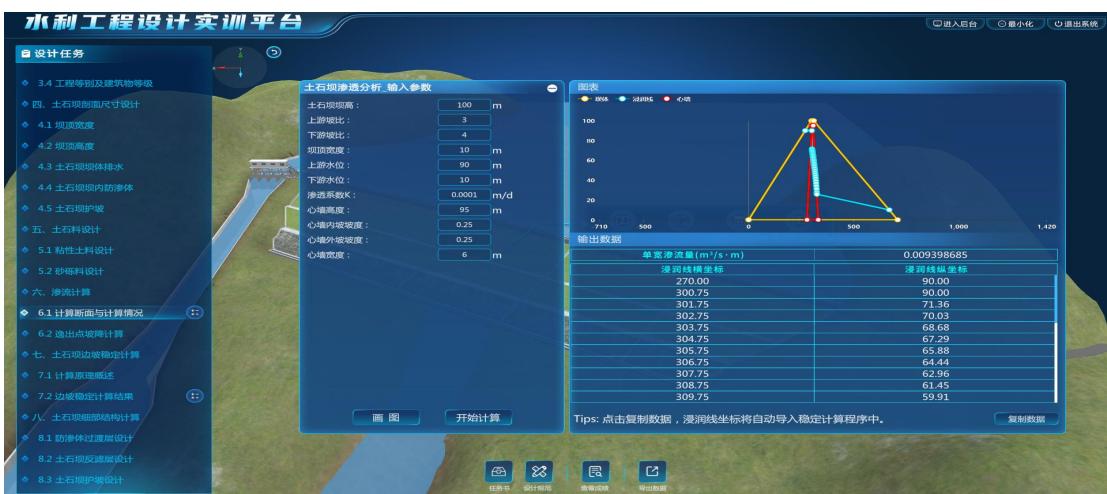
2.3.6.1 计算断面及计算情况

选择“计算断面及计算情况”任务步骤，进入计算断面及计算情况设计页面，如下图：



计算断面及计算情况步骤包含以下内容：

(1) 计算程序：点击“计算断面及计算情况”步骤后面的  按钮，查看计算程序



(2) 计算说明：点击“计算说明”标签，查看计算说明内容。

◆ 计算说明

■ 渗流计算

土石坝渗流分析计算的内容和目的是：

- ①确定坝体和坝基的渗流量，以估计渗透损失。
- ②确定坝体浸润线及其下游出逸点，绘制坝体及坝基流网图，为坝体稳定分析和应力计算提供依据。
- ③确定坝坡出逸段与下游坝基表面的出逸坡降，验算相应部位土体的渗透稳定性。
- ④确定水库水位降落时上游坝坡内的浸润线位置或孔隙压力，以分析上游坝坡的稳定性。

土石坝渗流的计算工况为：

- ①上游正常蓄水位与下游相应的最低水位。
- ②上游设计洪水位与下游相应的水位。
- ③上游校核洪水位与下游相应的水位。
- ④库水位降落时上游坝坡稳定最不幸的情况。

(3) 单位厚度心墙总流量：正常蓄水位单位厚度的心墙总流量

(q) : 10^{-6} m³/s·m、设计洪水位单位厚度的心墙总流量(q) : 10^{-6} m³/s·m、校核洪水位单位厚度的心墙总流量(q) : 10^{-6} m³/s·m

(4) 渗流计算结果：

◆ 渗流计算结果汇总

	正常蓄水位	设计洪水位	校核洪水位
上游水深H1 (m)	请输入内容	请输入内容	请输入内容
下游水深H2 (m)	请输入内容	请输入内容	请输入内容
单宽流量 (q) : 10^{-6} m ³ /s·m	请输入内容	请输入内容	请输入内容

(5) 浸润线计算说明：点击“浸润线计算说明”标签，查看详细内容。

◆ 浸润线计算说明

■ 断面浸润线计算方法说明

水力学方法可以用来近似确定浸润线的位置。水力学方法采用的基本假定是：

- 1) 渗流为缓变流动，等势线和流线均缓慢变化，渗流区可用矩形断面的渗流场模拟，渗流量q和渗流水深Hx的计算公式可表示为

$$q = k \frac{H_1^2 - H_2^2}{2L}$$

$$H_x = \sqrt{H_1^2 - (H_1^2 - H_2^2) \cdot x/L}$$

式中：H1、H2分别为上下游水深；L为渗流区长度；x为计算点至上游面的距离。

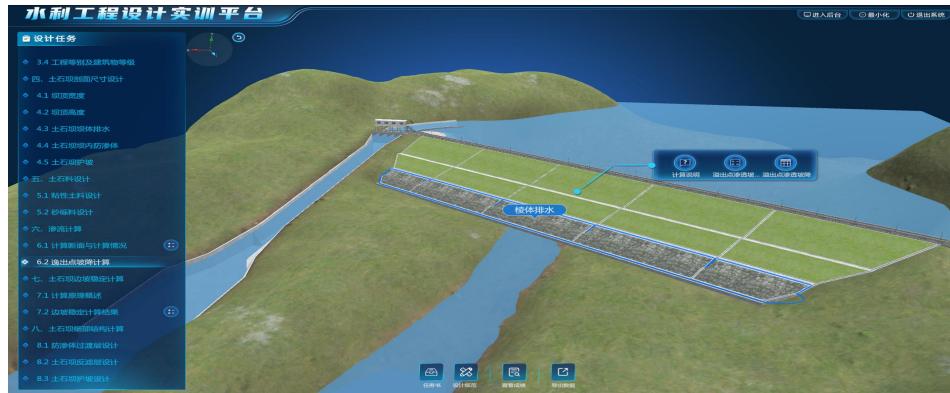
- 2) 上游三角形棱体可以用一等效的矩形体代替，当坝体和坝基渗流系数相同时，可以足够精确地认为等效矩形的宽度b=0.4H₁。当上游坝坡较陡时，可取

$$b = \frac{m_1}{1 + 2m_1} H_1$$

式中：m₁为上游坝坡坡率。

2.3.6.2 逸出点迫降计算

选择“逸出点迫降计算”任务步骤，进入逸出点迫降计算设计页面，如下图：

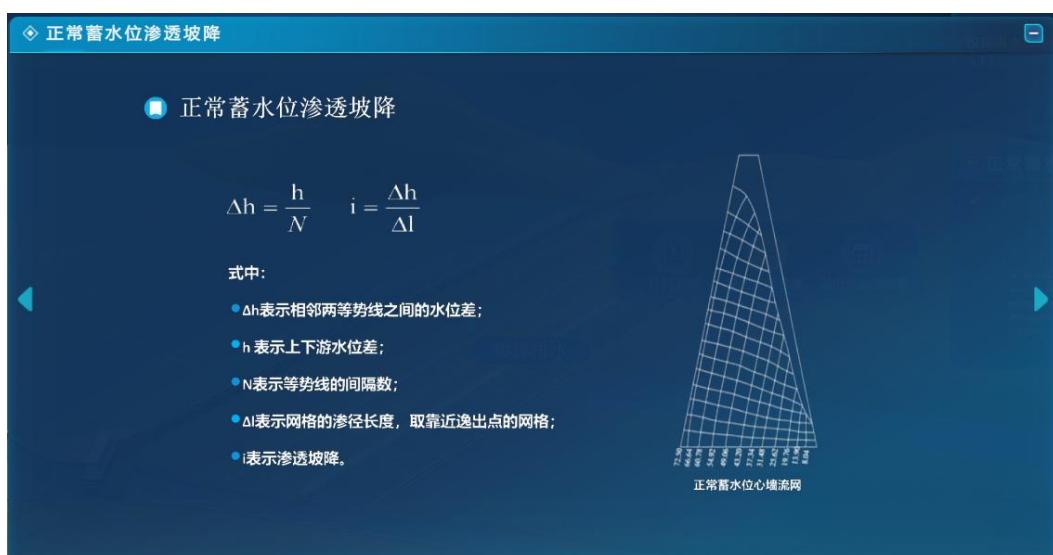


逸出点迫降计算包含以下内容：

(1) 计算说明：点击“计算说明”标签，弹出溢出点坡降计算说明。



(2) 溢出点渗透坡降计算：正常蓄水位渗透坡降(*i*)、设计洪水位渗透坡降(*i*)、校核洪水位渗透坡降(*i*)



(3) 溢出点渗透坡降：填写溢出点渗透坡降表

◆ 溢出点渗透坡降

	正常蓄水位情况	设计洪水位情况	校核洪水位情况
渗透坡降 <i>i</i>	请输入内容	请输入内容	请输入内容

2.3.7 土石坝边坡稳定计算

选择设计任务列表中的“七、土石坝边坡稳定计算”步骤，进入土石坝边坡稳定计算页面，如下图：



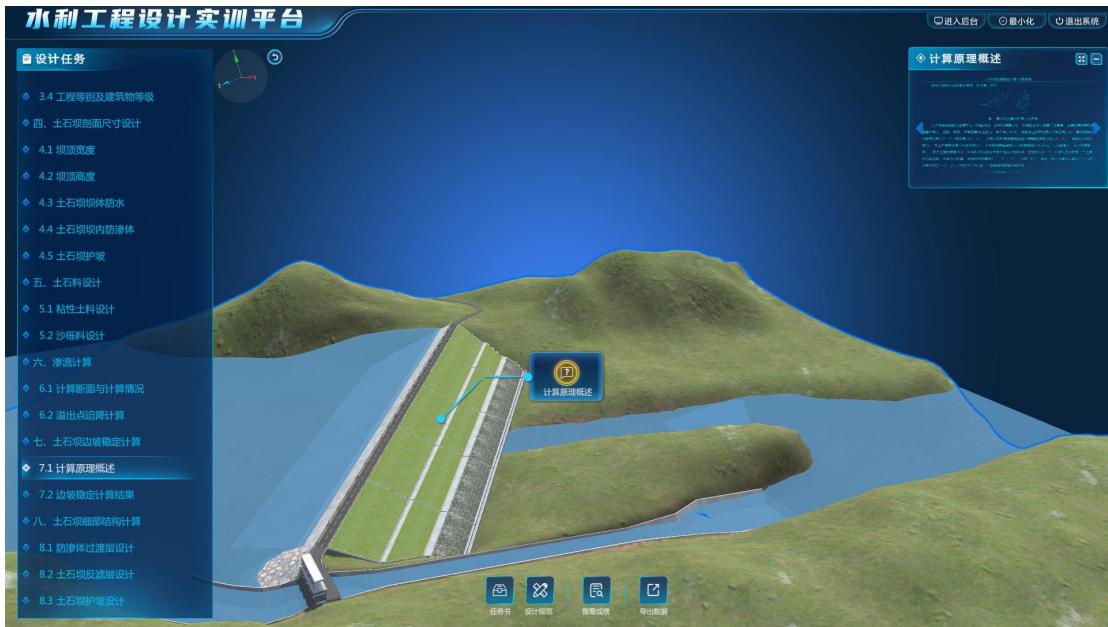
本次土石坝边坡稳定计算采用黏土心墙土石坝边坡抗滑稳定计算程序。

土石坝在自重、水荷载、渗透压力和地震荷载等作用下，若剖面尺寸设计不当或坝体、坝基土料的抗剪强度不足，坝体甚至坝体连同坝基都有可能发生失稳。采用该程序旨在计算指定黏土心墙土石坝的边坡抗滑稳定安全系数，分析坝坡在各种不同工作条件下的抗滑稳定安全情况，校核其稳定性是否符合要求。

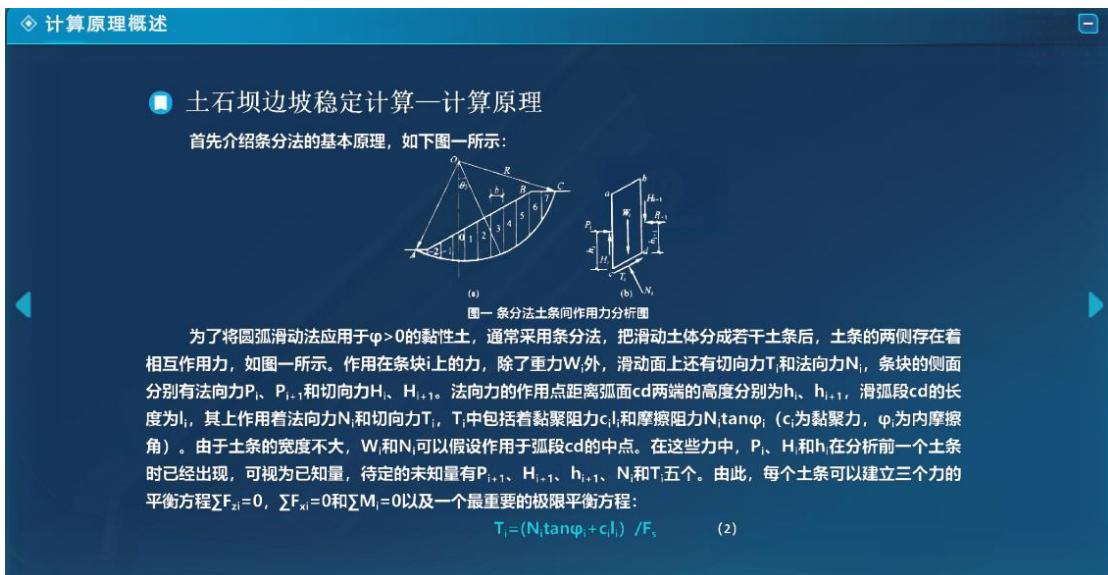
本程序采用的计算方法是简化毕肖普法(Simplified Bishop)，毕肖普法是边坡稳定分析中考虑土条间相互作用力的圆弧滑动分析法。此法是基于极限平衡原理，把滑裂土体当作刚体绕圆心旋转。并分条计算其滑动力与抗滑力，最后求出稳定安全系数，计算时考虑了土条之间的相互作用力，是一种改进的圆弧滑动法。

2.3.7.1 计算原理概述

选择“计算原理概述”任务步骤，进入计算原理概述设计页面，如下图：



计算原理概述中详细介绍土石坝边坡稳定计算的计算原理，含条分法的基本原理、条分法土条间作用力分析图；毕肖普法的计算原理及毕肖普法条块作用力分析。



2.3.7.2 边坡稳定计算结果

选择“边坡稳定计算结果”任务步骤，进入边坡稳定计算结果设计页面，如图：



边坡稳定计算结果包含以下内容：

(1) 计算程序：点击“边坡稳定计算结果”步骤后面的按钮，弹出土石坝稳定计算参数及结果。

水利工程设计实训平台

设计任务

- ◆ 3.4 工程等别及建筑物等级
- ◆ 四、土石坝剖面尺寸设计
- ◆ 4.1 坝顶宽度
- ◆ 4.2 坝顶高度
- ◆ 4.3 土石坝坝体防水
- ◆ 4.4 土石坝坝内防渗体
- ◆ 4.5 土石坝护坡
- ◆ 五、土石料设计
- ◆ 5.1 粘性土料设计
- ◆ 5.2 沙砾料设计
- ◆ 六、渗流计算
- ◆ 6.1 计算断面与计算情况
- ◆ 6.2 溢出点坡脚计算
- ◆ 七、土石坝边坡稳定计算
- ◆ 7.1 计算原理概述
- ◆ 7.2 边坡稳定性计算结果
- ◆ 八、土石坝细部结构计算
- ◆ 8.1 防渗体过湿层设计
- ◆ 8.2 土石坝反滤层设计
- ◆ 8.3 土石坝护坡设计

土石坝稳定计算_输入参数

土坝高度:	100 m
上游坡度:	3
下游坡度:	4
坝顶宽度:	10 m
心墙高度:	95 m
心墙上游坡度:	0.25
心墙下游坡度:	0.25
心墙宽度:	6 m
地基左侧上方的点:	-50, 0
地基左侧下方的点:	-50, -100
下游地基距离坝脚的距离:	50 m
心墙的内摩擦角:	28°
心墙粘聚力:	10 kPa
心墙的浮重度:	10.5 kN/m³
心墙的天然重度:	20.3 kN/m³
坝体外壳土的内摩擦角:	35°
坝体外壳土的粘聚力:	0 kPa
坝体外壳土的浮重度:	26.8 kN/m³
坝体外壳土的天然重度:	11.7 kN/m³
地基黏聚力:	8 kPa

图表

输出数据

最危险滑动面的半径/m	265.93
最危险滑动圆圆心 X坐标	148.26
Y坐标	220.77
抗滑稳定安全系数	1.16

上下游边坡滑动表中计算数据

土条编号	$\sin\theta$	$\cos\theta$	$\sin\theta\tan\phi_c/F_r$	m_u	$W\sin\theta/KN$	c_b/KN	$W\tan\phi_c/KN$	$(c_b + W\tan\phi_c)/m_u$	
-3	-0.49	0.87	-0.07	0.81	-14224.38	741.28	4084.93	5936.20	
-2	-0.35	0.94	-0.05	-0.04	-17417.34	741.28	7005.63	8657.65	
-1	-0.21	0.98	-0.03	-0.03	-13470.80	741.28	9032.47	10261.21	
0	-0.07	1.00	-0.01	-0.01	0.99	-5516.73	741.28	11098.97	11969.81
1	0.07	1.00	0.01	0.01	1.01	6338.69	759.20	12449.58	13129.07
2	0.23	0.98	0.03	0.03	1.00	19488.42	759.20	12757.40	13481.70

(2) 上游边坡计算说明：点击“上游边坡计算说明”标签，查看土石坝边坡稳定计算说明内容。



◇ 上游边坡计算说明

土石坝边坡稳定计算

由于毕肖普法是一种迭代计算结果的方法，为了便于理解，下面展示的计算过程是计算最危险滑动面对应的最小稳定安全系数时的最后一次迭代过程，边坡滑动分上游边坡滑动和下游边坡滑动两种情况。

该土石坝工程上游边坡滑动时对应的最危险滑动面形式如下图所示：

土石坝上游边坡最危险滑动面形式图

其中，上游边坡脚处为坐标系原点，滑动面圆心坐标为(57.14, 235.01)，滑动面圆弧半径为241.86m。

(3) 上游边坡滑动表：

◇ 上游边坡滑动表 (取 $f_s = 1.83$)

	$\sin\theta_i$	$\cos\theta_i$	$\sin\theta_i \tan\phi_i$	$\sin\theta_i \tan\phi_i / f_s$	$m\theta_i$	$W \sin\theta_i / KN$	$c_i b_i / KN$	$W \tan\phi_i / KN$	$(c_i b_i + W \tan\phi_i) / m\theta_i$
-3	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
-2	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
-1	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
0	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
1	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
2	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
3	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
4	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
5	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
6	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
Σ	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容

(4) 上游边坡最危险滑动面时的安全稳定系数；

- (5) 下游边坡计算说明：点击“下游边坡计算说明”标签，查看下游边坡计算说明计算说明内容

◇ 下游边坡计算说明

土石坝边坡稳定计算

同理计算下游边坡，该土石坝工程下游边坡滑动时对应的最危险滑动面形式如下图所示：

土石坝下游边坡最危险滑动面形式图

其中，下游边坡脚处为坐标系圆心点，滑动面圆心坐标为(407.94, 210.80)，滑动面圆弧半径为213.15m。

(6) 上游边坡滑动表：

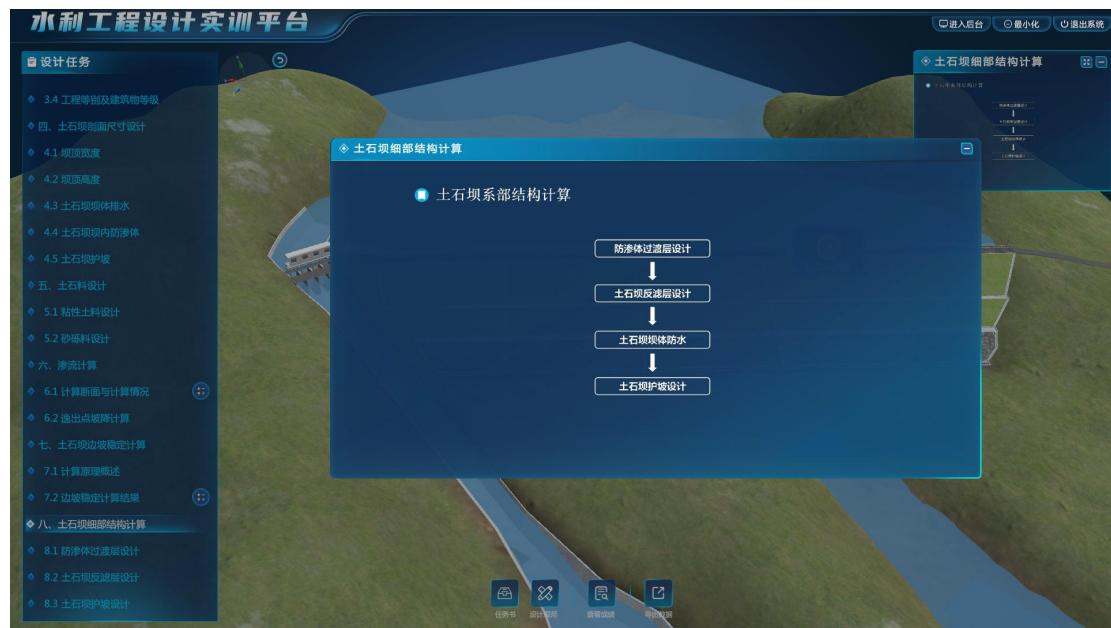


◆ 上游边坡滑动表 (取 $F_s = 1.83$)									
	sin β	cos β	sin θ tan β	sin θ tan β / F_s	m θ	W $\sin\theta$ /KN	c β /KN	W $\tan\beta$ /KN	(c β +W $\tan\beta$) /m θ
-3	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
-2	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
-1	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
0	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
1	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
2	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
3	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
4	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
5	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
6	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容
Σ	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容	请输入内容

(7) 设置下游边坡最危险滑动面对应的最小安全稳定系数。

2.3.8 土石坝细部结构计算

选择设计任务列表中“八、土石坝细部结构计算”步骤，进入土石坝细部结构计算设计页面，如下图：



土石坝细部结构计算包含：防渗体过渡层设计、土石坝反滤层设计、土石坝坝体防水、土石坝护坡设计。

土石坝细部结构计算包含以下内容：

(1) 防渗体过渡层设计：选择设计任务列表中“防渗体过渡层设计”步骤，选择“防渗体过渡层设计”标签，弹出防渗体过渡层设计对话框，介绍防渗体过渡层设计的详细内容；

◆ 防渗体过渡层设计

1 防渗体过渡层设计

按照规范，被保护土是粘性土，小于0.075mm颗粒含量70.6%，在40%到85%之间。按下式判断：

由滤土要求： $D_{15} \leq 0.7\text{mm}$

由排水要求： $D_{15} \geq 4d_{15}, D_{15} \geq 0.1\text{mm}$

查得 $3_{\text{下}}\text{料场}$ 粘土料的0.005mm以下的部分为27.6%，故 $4d_{15}$ 一定小于0.1mm，即 D_{15} 应在0.1mm ~ 0.7mm之间。第一层反滤料从己探明的料场中可以选择 $1_{\text{下}}$ 即可， $1_{\text{下}}$ 的 $d_{15} = 0.537032\text{mm}$, $1_{\text{下}}$ 的 $d_{10} = 0.38\text{mm}$ ，而 d_{15} 在0.1mm到0.7mm之间，故 d_{10} 的上包线可能为< 0.5mm 或 0.5mm ~ 1.0m。根据不分离要求下包线 D_{90} 与上包线 D_{10} 有一定关系，查规范的 D_{90} 的下限可能为20mm或25mm， $1_{\text{下}}$ 料场的 d_{90} 为81.28305mm，满足要求。

第一层反滤层与坝壳之间，坝壳的无粘性土，不均匀系数 $C_u = 37.15 > 5 \sim 8$ ，按规范要求取5mm以下的细颗粒（满足 $C_u < 5$ ）的， d_{15} 作为计算粒径。 $d_{15} = 0.562341\text{mm}$, $d_{85} = 2.36592\text{mm}$ ，须满足下列判别式：

$D_{15}/d_{85} \leq 4-5, D_{15}/d_{15} = 0.537032/0.562341 = 0.95499 \leq 4 \sim 5$ ，满足要求

$D_{15}/d_{15} \geq 5, D_{15}/d_{85} = 0.537032/2.36592 = 0.2296865 \leq 5$ ，不满足要求。

故一道反滤层不满足反滤要求，需要设置第二层反滤层。

(2) 土石坝反滤层设计：选择设计任务列表中“土石坝反滤层设计”步骤，选择“土石坝反滤层设计”标签，弹出土石坝反滤层设计对话框，介绍土石坝反滤层设计的详细内容；

◆ 反滤层设计

1 土石坝反滤层设计

反滤层所保护的为无粘性土，不均匀系数为 $C_u = 37.15 > 5 \sim 8$ ，按规范要求取5mm以下的细颗粒（满足 $C_u > 5$ ）的 d_{85} ， d_{15} 作为计算粒径。

第一层反滤层的级配要满足下式，即：

$$D_{15}/d_{85} \leq 4-5 ; D_{15}/d_{15} \geq 5$$

$4_{\text{上}}\text{料场}$ 5mm以下细颗粒（满足 $C_u > 5$ ）部分 $d_{15} = 0.562341\text{mm}$, $d_{85} = 2.36592\text{mm}$ ，由这两个条件可以求得 $D_{15} \geq 2.8117\text{mm}$, $D_{15} \leq 9.46368\text{mm} \sim 11.83\text{mm}$ 。在料场中没有合适的土料可供使用，故需要人工配置。取 $D_{15} = 5\text{mm}$ 。将 $4_{\text{上}}\text{料场}$ 小于5mm部分的级配曲线按 $D_{15}-d_{15}$ 的距离水平平移即得自行配置的第一层反滤层的级配曲线，不同粒径颗粒百分比如下表所示：

在棱体排水外自行配置的第一层反滤层各种颗粒含量百分比

自行配置的反滤层不同粒径颗粒百分比	1 ~ 2.5mm	2.5 ~ 20mm	20 ~ 60mm
百分比(%)	5.5	76.6	17.9

(3) 土石坝护坡设计：土石坝护坡设计包含上游砌石护坡设计和下游草皮护坡设计。

- ① 下游草皮护坡设计参数：种植土厚度 cm；
- ② 上游砌石护坡设计：坝坡坡度系数 (m)、系数 Kt、石块的换算球形直径 D (m)、石块的质量 Q (t)、护坡厚度 t (m)
- ③ 自定义备注项：设计参数支持用户自主添加参数。

添加备注项：点击“自定义备注项”按钮，添加参数名称和参数值；

修改备注项：选择自主添加的备注项，可直接编辑参数名称和参数值，修改完成后系统自动提交内容；

删除备注项：选择自主添加的备注项，点击 按钮，删除该备注项。

2.4 查看成绩

水利工程设计实训平台设计任务完成后，点击  按钮，查看本次设计的得分情况，如下图：



设计成绩包含以下内容：

- (1) 查看当前设计的得分情况；
- (2) 导出设计报告：点击“导出设计报告”按钮，导出本次设计内容至桌面，可在本机打开次报告。

水利工程设计实训平台设计报告

一、分数组则

本次课程设计参考分数：

1.1 水库特性

- (1) 设计洪水位: $m =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (2) 设计洪水下泄流量: $m^3/s =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (3) 校核洪水位: $m =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (4) 校核洪水下泄流量: $m^3/s =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (5) 水库坝程: $km =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (6) 正常蓄水位: $m =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (7) 汛限水位: $m =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (8) 设计死水位: $m =$ 分值: 1; 得分: 0。

1.2 水文气象

- (1) 坝址多年最大风速: $m/s =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (2) 多年平均风速: $m/s =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (3) 坝址多年平均流量: $m^3/s =$ 分值: 1; 得分: 0。
- (4) 30 年后坝前淤积高程: $m =$ 分值: 1; 得分: 0。

2.5 导入导出数据



(1) 导出数据：水利工程设计实训平台设计任务完成后，点击 **导出数据** 按钮，导出当前设计内容，保存至本机，文件名为“课程设计操作记录.jr”；

导入数据

(2) 导入数据：打开系统，启动页面选择 **导入数据**，打开本地保存的“课程设计操作记录.jr”文件，打开上次设计的内容。

2.6 系统最小化

◎最小化

在任意页面，点击系统界面右上角 **◎最小化** 按钮，即可将系统界面最小化至任务栏。

2.7 退出系统

○退出系统

在任意页面，点击系统界面右上角 **○退出系统** 按钮，弹出窗口如下图所示：



(1) 选择“确认”按钮退出水利工程设计实训平台；

(2) 选择“取消”按钮，取消退出水利工程设计实训平台。