

黄河勘测规划设计有限公司自立科研项目

项目编号：2008-ky11

水 利 水 电 工 程  
施 工 导 截 流 方 案 辅 助 设 计 系 统

# 软件说明及操作手册



黄河勘测规划设计有限公司  
Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd.

二〇一〇年七月

**课题名称：“水利水电工程施工导截流方案辅助设计系统”开发**

**项目负责人：窦 燕**

**审 定：李惠安**

**审 核：王亚春 熊建清**

**主要完成人：窦 燕 黄细丁 王亚春 李惠安**

**杨道坡 熊建清 李 洁 李红亮**

**尚晓燕 刘 佳 董京艳 翟 建**

**张春生 竹怀水 尤尊贤**

# 目 录

<b>1 安装与卸载 .....</b>	<b>1</b>
1.1 安装方法.....	1
1.2 卸载方法.....	3
<b>2 功能概述 .....</b>	<b>5</b>
2.1 版本更新.....	5
2.2 软件功能.....	5
2.3 软件特色.....	5
<b>3 操作说明 .....</b>	<b>7</b>
3.1 软件界面.....	7
3.2 项目操作.....	7
3.3 基本资料输入.....	8
3.4 建筑物设计.....	11
3.5 导流方案设计.....	13
3.6 知识工程.....	15
3.7 工具使用.....	16
3.8 视图设置.....	17
3.9 帮助操作.....	17
<b>4 工程实例 .....</b>	<b>19</b>
4.1 新建工程.....	19
4.2 输入基本资料.....	20
4.3 隧洞导流全年围堰方案（方案 1） .....	21
4.3.1 增加 1# 不过水围堰.....	21
4.3.2 建立 1# 导流洞.....	23
4.3.3 建立隧洞导流全年围堰方案.....	24
4.3.4 1# 导流洞水力计算.....	25
4.3.5 导流方案 1 计算.....	26
4.3.6 1# 围堰工程量计算.....	27
4.3.7 1# 导流洞结构参数设置.....	28

4.3.8 1# 导流洞工程量计算.....	29
4.3.9 导流方案 1 工程量汇总.....	29
4.4 不控泄增加导流洞全年导流方案（方案 2） .....	30
4.5 过水围堰枯期导流方案（方案 3） .....	31
4.6 方案决策.....	31
<b>5 水力学理论 .....</b>	<b>32</b>
5.1 明渠均匀流.....	32
5.2 明渠渐变流.....	34
5.3 宽顶堰流.....	38
5.4 缺口（梳齿孔）水力计算.....	43
5.5 导流隧洞水力计算.....	43
5.6 截流水力学计算.....	46
<b>6 参考资料 .....</b>	<b>48</b>
6.1 技术规范、规定.....	48
6.2 水力计算.....	48
6.3 程序开发.....	48

# 1 安装与卸载

## 1.1 安装方法

(1) 双击软件安装程序 *DivClose Setup.exe*，出现欢迎界面，点击“下一步”。



图 1.1-1 软件安装文件



图 1.1-2 欢迎界面

(2) 许可协议，请选择“我同意该许可协议的条款”，并点击“下一步”。

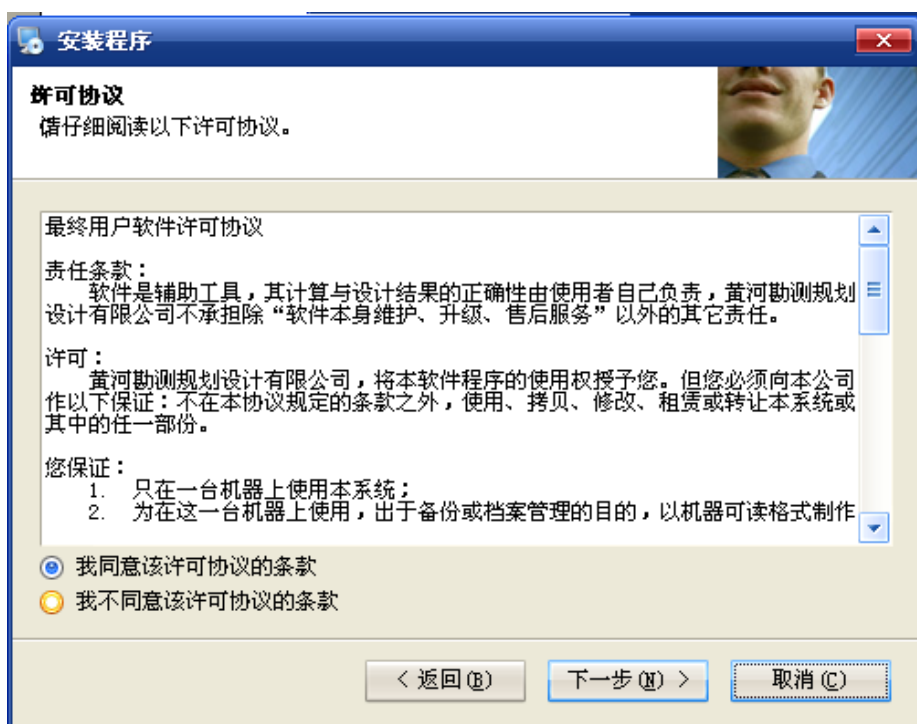


图 1.1-3 许可协议

(3) 选择文件安装路径，并点击“下一步”。

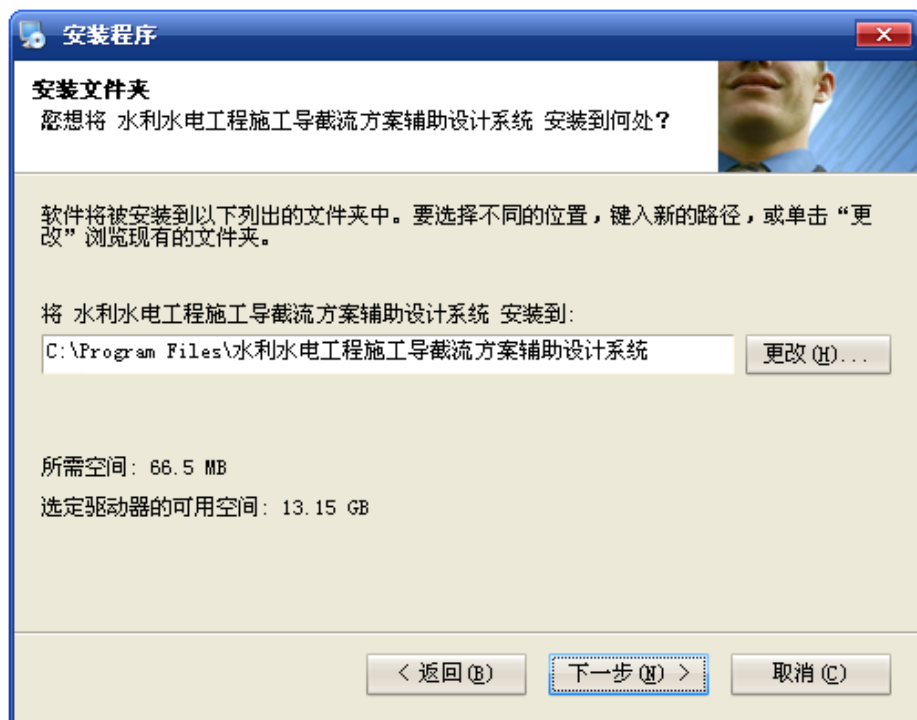


图 1.1-4 选择安装路径

(4) 其它安装界面可默认选择，同时点击“下一步”。

(5) 完成安装，点击“完成”，程序就顺利的安装到您的计算机上了。



图 1.1-5 安装完成

注意：由于软件基于.net 平台开发，它的运行需要.net 的支持，因此您的计算机必须提前安装 *Microsoft.NET Framework 4.0*（在我们的安装包里附带有这个文件）。

## 1.2 卸载方法

(1) 进入 windows 系统自带的“添加或删除程序”界面，找到“水利水电工程施工导截流辅助决策支持系统”，点击“删除”按钮。



图 1.2-1 添加删除程序

(2) 进入卸载程序界面，点击“下一步”。



图 1.2-2 卸载程序

(3) 卸载成功，点击“完成”，程序已经顺利的从你的计算机上删除了。您也可以在系统的程序菜单中找到卸载程序的菜单。



图 1.2-3 卸载成功



## 2 功能概述

### 2.1 版本更新

软件当前版本号：2010，完成日期为 2010 年 10 月，为本程序的第一版。

### 2.2 软件功能

软件运用先进的计算机技术，融入施工导截流设计理论和方法，植入项目管理和知识工程的思想，形成了一个**集成的施工导截流方案管理、设计、计算、分析和优化决策的平台**，为施工导截流设计工程师提供了一个专业的辅助设计工具，定义了一种全新的工作方式，为编写施工导截流设计报告、绘制施工导截流方案图提供全方位、快速的数据支持。

软件具有**基础资料管理、导流建筑物设计、导截流水力学计算、导截流方案设计、导截流方案决策、知识管理**等功能。

### 2.3 软件特色

本程序涵盖了水利水电工程设计中的单独泄水建筑物泄流计算、施工截流水力计算、不同泄水建筑物的联合泄流计算、施工调洪演算等水力设计，是目前水利水电工程设计中功能强大、全面且快速高效的一套设计计算软件。

软件主要包含 6 项核心功能，即：

- (1) **导流洞水力计算**：可自动判断流态和出流状态，智能标识不良运行状态；
- (2) **联合泄流计算**：实现了任意导流建筑物的联合泄流计算，智能快速迭代计算方法，能详细记录联合泄流过程各建筑物状态；
- (3) **导流方案设计**：实现了智能化、交互式的基于导流程序表的导流程序设计平台；
- (4) **工程量计算**：实现了通用的结构设计接口，能高度自动化地计算工程量，实现了填方和挖方的通用积分计算方法；
- (5) **方案决策**：实现了基于熵权的多目标决策方法，方案的评价更加合理；
- (6) **知识工程与知识管理**：实现了导截流方案设计知识的面向对象表示方法，知识的搜索、规划和调度具备良好扩展性，实现了启发式的知识系统。

该系统软件具有以下特点：

1、程序编制中融合多部水力学文献的研究成果和多年来的工程实践经验，符合最新规范要求，在工程设计中具有很强的实用性。

2、本系统集成联合泄流、施工调洪演算、水面线、临界水深、正常水深、流量系数（含水头损失计算）、及水力、体型设计、与 *CAD* 接口成图等多种功能于一体，设计、计算功能十分齐全。

3、采用动态数学模型，可以将不同类别的泄水建筑物进行任意组合，解决了以往采用固定的数学模型、计算工况单一、通用性差的问题。

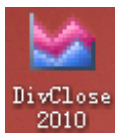
4、自动化程度较高，从数据输入到生成图表、计算书一气呵成，比起手工、半手工计算，效率提高几十倍，在当前设计周期短、方案多、计算任务繁重的情况下，让设计人员有限的时间不被繁琐的计算消耗而在方案决策上多下功夫，该软件无疑是一个良好的助手。

5、软件结合项目的思想，可高效管理施工导截流方案。项目数据采用 *XML* 格式保存，方便数据的统一存储。

6、全中文、*windows* 界面，操作方便、简单，人机界面友好。

### 3 操作说明

双击桌面上本软件图标，软件将开始初始化。初始化完成时将提示“系统准备工作完成！”。



#### 3.1 软件界面

在软件初始化界面任意处点击，即可进入程序主界面，程序主界面如图 3.1-1。

软件主界面由菜单栏、导航栏、控制台、项目管理和实时提示窗口等组成，熟悉 Windows 操作的人员，按照菜单栏或导航栏一步一步操作，很快就可以学会使用该软件。



图 3.1-1 程序主界面

#### 3.2 项目操作

(1) “项目”菜单下包括“新建工程”、“打开”、“保存”、“另存为…”、“分享”、“打包”、“退出”等子菜单，见图 3.2-1。

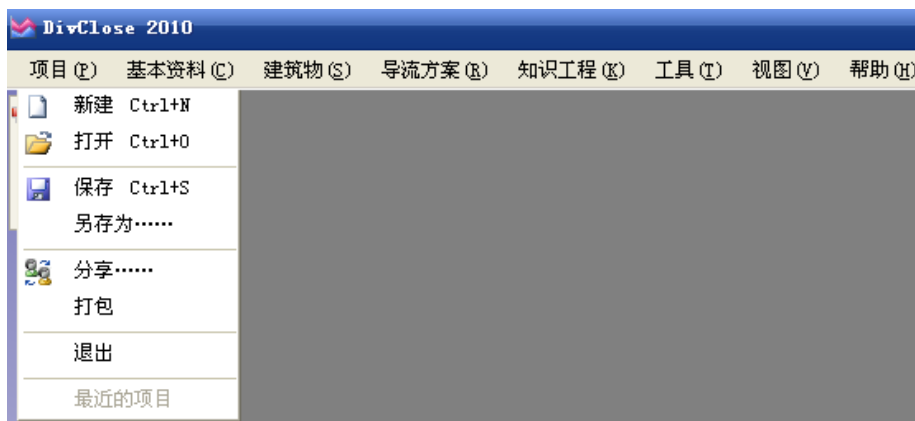


图 3.2-1 “项目”子菜单

(2) 进行一个新的项目设计时，需要先点击“新建”菜单，进行相应设置，包括项目名称、项目路径、文件夹名、工作目录、计算者、设计时间、工程规模及建筑物级别设计等。设置完成后，点击“创建项目”按钮，见图 3.2-2。



图 3.2-2 新建项目

(3) “打开”、“保存”、“退出”等子菜单操作同 *Word* 软件操作。

注：双击主界面空白处，可以快速的打开“打开项目文件”窗口。

### 3.3 基本资料输入

项目创建完成后，要进行相应各部分的功能计算，需要根据方案设计情况输入必要的基本资料。

“基本资料”菜单包括“河流特征”、“水文资料”、“气象资料”、“地形资料”、“地质资料”、“枢纽布置”、“水工工程量”、“施工期限及发电日期”、“建筑材料”和“经济资料”等子菜单，见图 3.3-1。

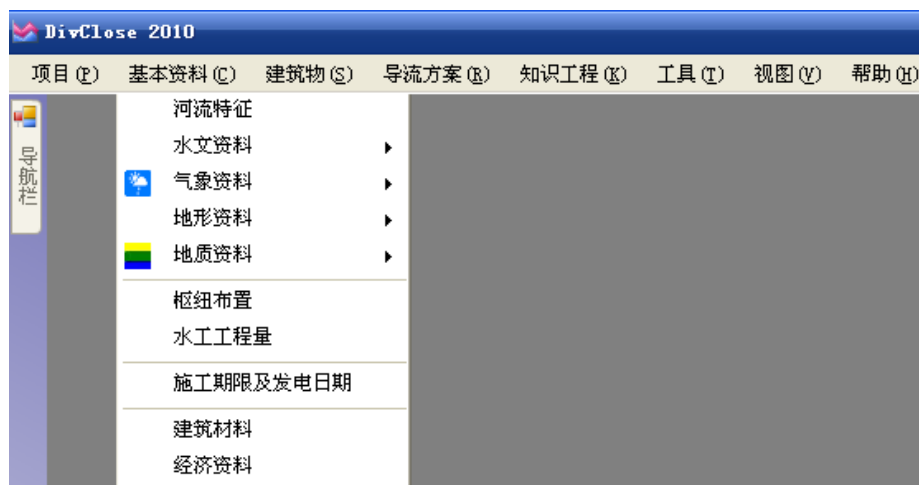


图 3.3-1 “基本资料”子菜单

根据计算目的和要求不同，需要分别输入以上基本资料，有些基本资料并不是必须输入，例如，仅是进行隧洞泄流计算时，仅需要输入下游水位流量关系基本资料；在不进行导流临建工程量经济评价时，是不需要输入经济资料的。

水位库容关系交互界面见图 3.3-2。

水位流量关系交互界面见图 3.3-3。

设计洪水过程交互界面见图 3.3-4。

水文资料的输入，支持从 *excel* 表格直接粘贴数据，同时能将输入的数据实时绘成曲线，以便检查数据的正确性。输入完成后请注意点击“保存”按钮，以免数据丢失。

软件对于基本资料的操作，提供了数据单独保存、外部数据导入、实时绘图等众多人性化的功能设计。

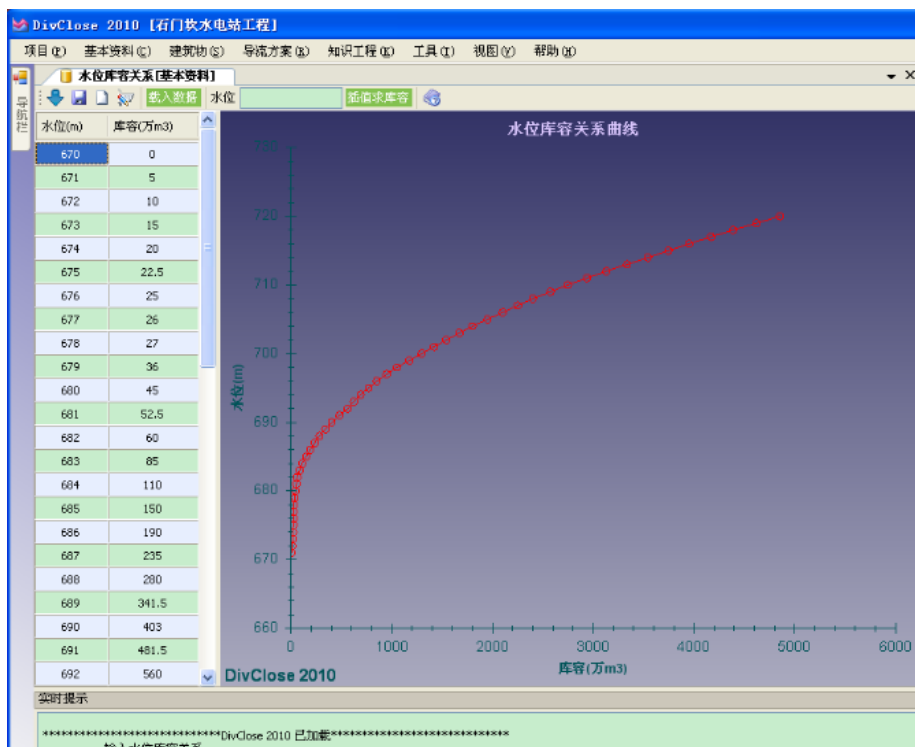


图 3.3-2 水位库容关系交互界面

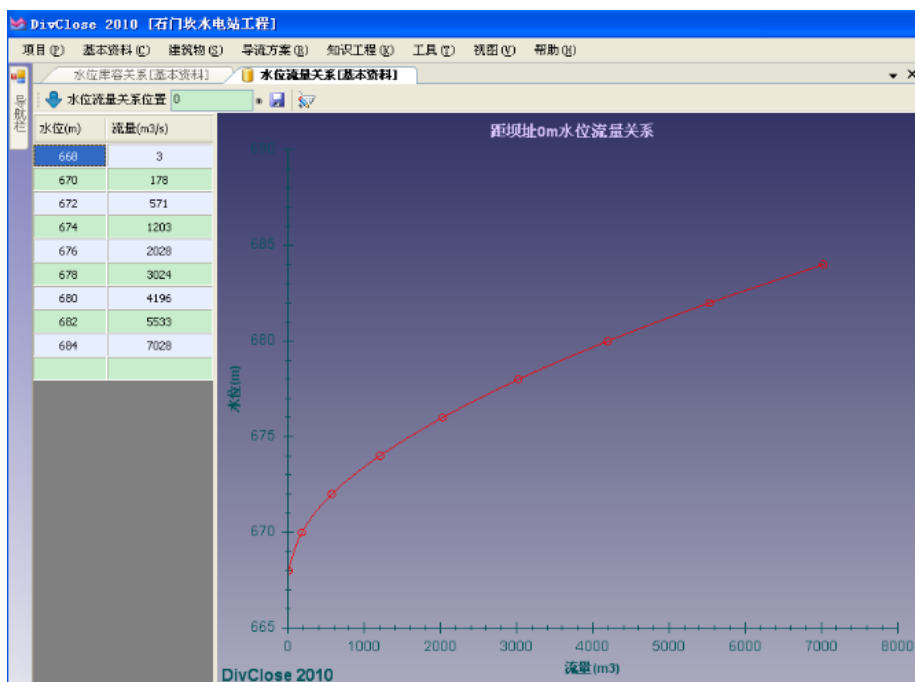


图 3.3-3 水位流量关系交互界面

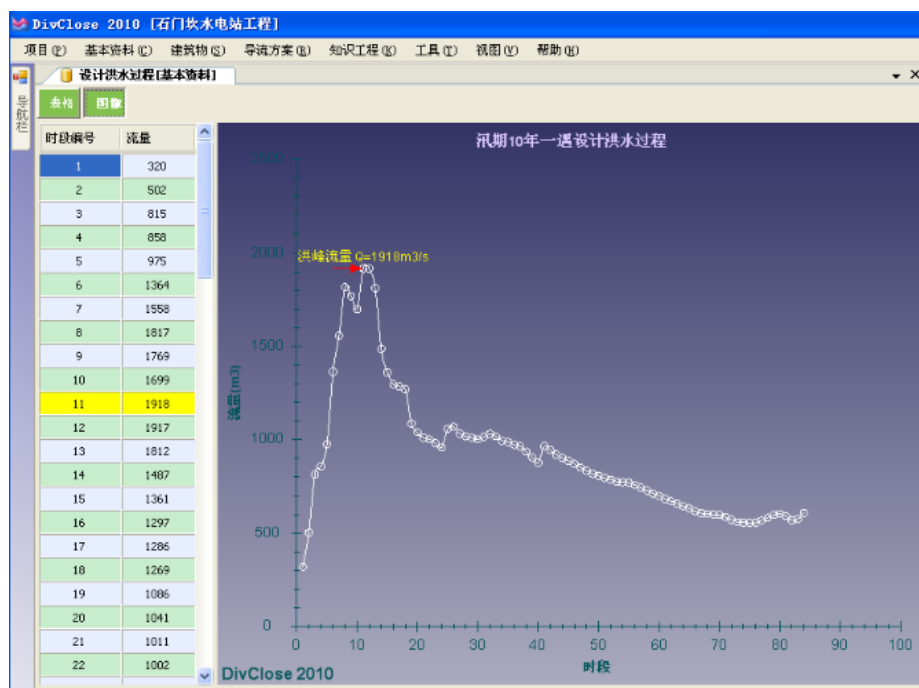


图 3.3-4 设计洪水过程交互界面

### 3.4 建筑物设计

进行相应的功能计算，除了要根据需要输入项目基本资料，还需要输入建筑物基本参数。

“建筑物”菜单包括“大坝”、“不过水围堰”、“戽堤”、“导流洞”、“导流底孔”、“导流明渠”、“束窄河床”、“缺口”、“过水围堰”、“龙口”、“溢流表孔”、“闸孔”和“溢洪道”等子菜单，见图 3.4-1。

建筑物设计窗口采用交互式设计界面，由两部分组成，即图形界面和参数输入界面，类似于 CAD 软件的模型空间和属性窗口，参数输入完成后，会在图形界面显示建筑物模型，见图 3.4-2 和图 3.4-3。

导流建筑物中永久建筑物部分，如大坝、溢流表孔、闸孔、溢洪道等，主要是输入其泄流能力曲线，此部分由相关专业提供，本软件不再单独计算。泄流能力曲线的输入，支持从 excel 表格直接粘贴数据，同时能将输入的数据实时绘画成曲线，以便检查数据的正确性，见图 3.4-4。

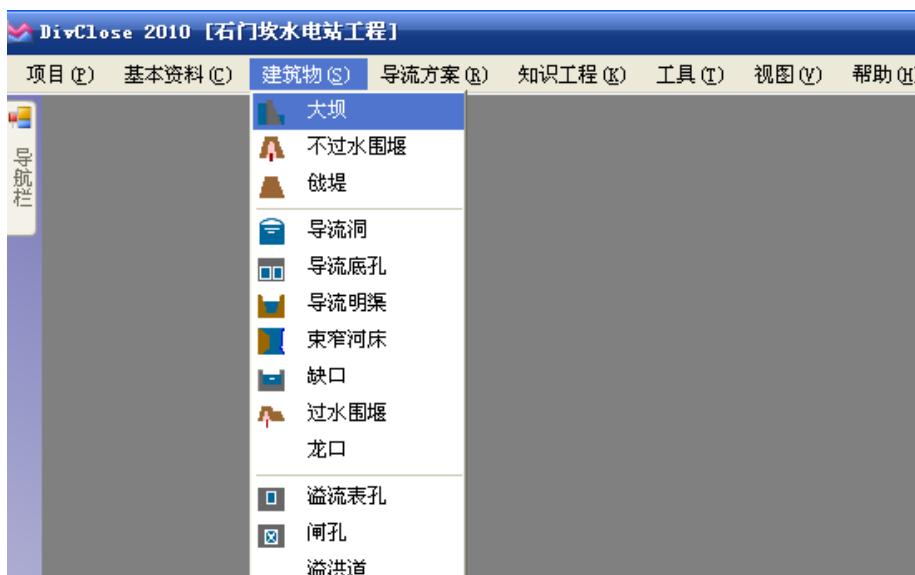


图 3.4-1 “建筑物”子菜单

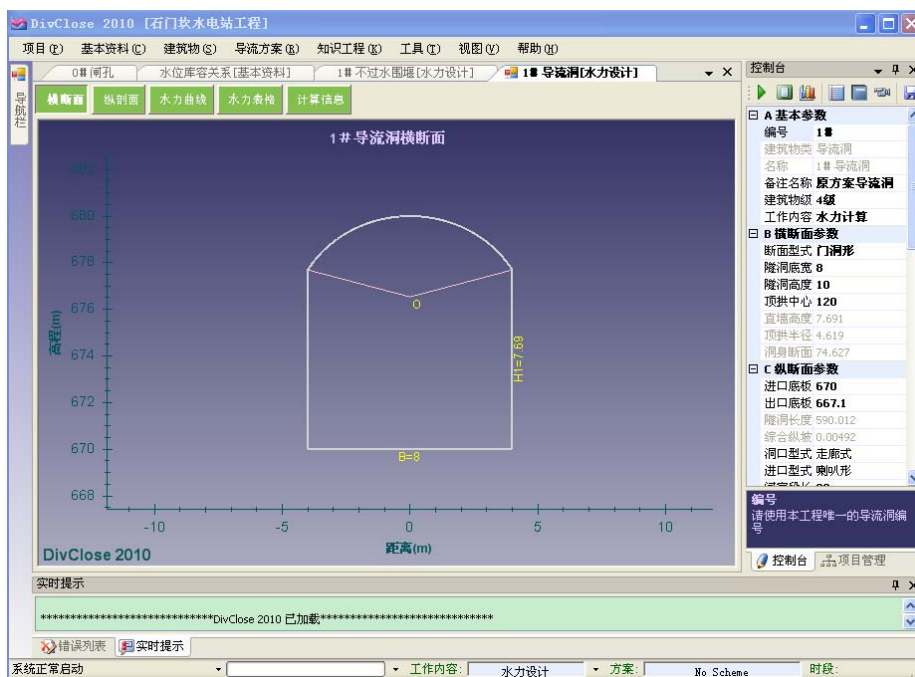


图 3.4-2 泄水建筑物交互界面





图 3.4-3 挡水建筑物交互界面

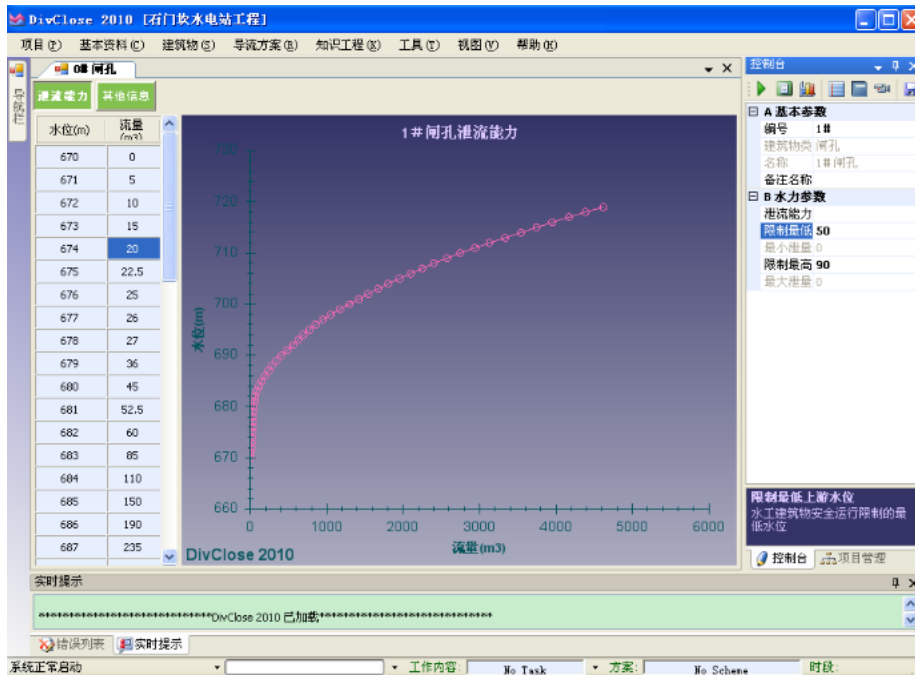


图 3.4-4 永久建筑物泄流曲线交互界面

### 3.5 导流方案设计

“导流方案”菜单包括“导流程序”、“施工进度”、“经济评价”、“技术分析”、“方案决策”和“动态展示”等子菜单，见图 3.5-1。

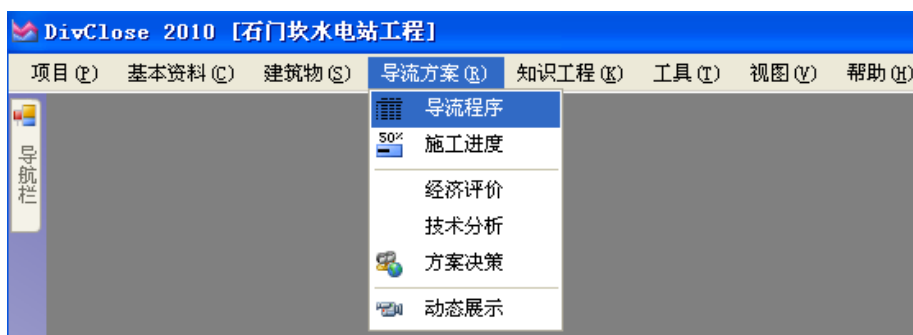


图 3.5-1 “导流方案”子菜单

导流方案设计是整个软件的核心，当前版本包括导流程序规划、经济评价和方案决策。

在水文基础资料、建筑物设置参数输入完成后，可以进行导流程序规划，即选择导流时段，相应的设计洪水标准和泄水建筑物，然后进行联合泄流和调洪演算及截流水力计算，最终确定挡水围堰的高程和戽堤高程，这些计算均在导流程序中完成，见图 3.5-2。

联合泄流、调洪演算有先后顺序，即联合泄流应该在调洪演算前完成。联合泄流计算前，应该对各个泄水建筑物分别进行水力计算，并根据需要进行数据光滑处理。

导流程序完成后，可以进行经济评价和方案决策，见图 3.5-3 和 3.5-4。

导流程序设计交互界面采用类似导流报告中的“施工导流及度汛安排表”的形式，提供给用户一个十分熟悉的界面。

设计洪水标准	设计流量(m <sup>3</sup> )	挡水建筑物	泄水建筑物	下泄流量(m <sup>3</sup> )	水库水位(m)	挡水建筑物高程(m)	库容(万m <sup>3</sup> )	备注	删除时段	联合泄流	调洪演算	截流计算
汛期20年一遇	1900	2#不过水...	1#导流闸、2#导...	1952.00	697.74	699.24	1022.33		删除	联合	调洪	截流

图 3.5-2 导流程序设计交互界面

编号	工程或费用名称	单位	数量	阶段系数	工程量	施工方法	单价(元)	合价(万元)	备注
1	1# 不过水围堰工程量							0	
1.1	反滤料填筑	m3	1516.599	1.13	1713.756		0	0	
1.2	过滤料填筑	m3	1516.601	1.13	1713.759		0	0	
1.3	砂砾石料填筑	m3	294799.1	1.13	333122.9		0	0	
1.4	围堰拆除	m3	363591	1.13	410857.8		0	0	
1.5	粘土填筑	m3	65758.7	1.13	74307.34		0	0	
1	1# 导流洞工程量							2229.491	
1.1	钢筋	t	929.729	1.13	1050.594		6178.12	649.069	
1.2	钢筋网(Φ6@15)	t	47.78165	1.13	53.99326		6324	34.145	
1.3	团结灌浆(单孔深5m)	m	6900	1.13	7797		160.93	125.477	
1.4	团结灌浆(单孔深6m)	m	5748	1.13	6495.24		172.5	112.043	
1.5	回墙灌浆	m2	6440.301	1.13	7277.541		68.1	49.56	
1.6	混凝土衬砌(C25)	m3	9326.237	1.13	10538.65		592.37	624.278	
1.7	锚杆(Φ22L=5m)	根	1224	1.13	1383.12		150	20.747	
1.8	锚杆(Φ25L=6m)	根	575	1.13	649.75		170	11.046	
1.9	喷混凝土(C15)	m3	486.3717	1.13	549.6		630	34.625	
1.10	喷混凝土(C20)	m3	513.2013	1.13	579.9175		664.2	38.518	
1.11	土方开挖	m3	53357.38	1.13	60293.84		87.9	529.983	

图 3.5-3 经济评价

名称	工期(月)	费用(万元)	技术难度	贴进度
隧洞导流全年围堰方案	39	2229.491	中等	0.734
不控泄增加导流洞全年导流...	44	6508.407	高	0.448
过水围堰枯期导流方案	62	2483.36	中等	0.487

图 3.5-4 方案决策

### 3.6 知识工程

知识工程是对已经学到的知识进行积累、管理和再利用，采用了面向对象表示方法，知识的搜索、规划和调度具备良好扩展性，实现了启发式的知识系统，对知识实现了很好的继承和传递，见图 3.6-1 和 3.6-2。



图 3.6-1 “知识工程”子菜单

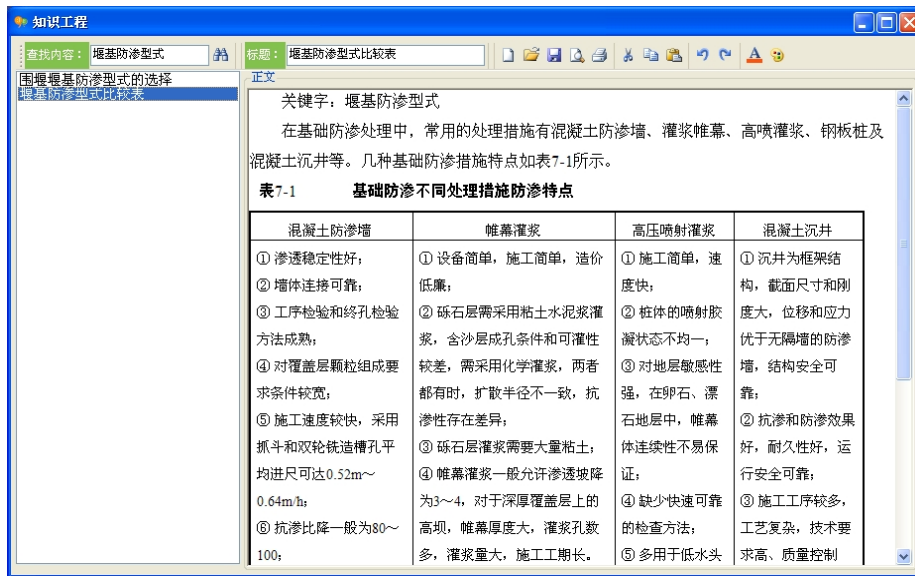


图 3.6-2 知识工程

### 3.7 工具使用

“工具”菜单主要包括常用的水力计算，如正常水深、临界水深、水面线推求、联合泄流、调洪演算、导流洞封堵长度、半有压流参数选择等，见图 3.7-1。

“工具”菜单中的“选项”，可以进行文件夹位置选择、界面风格选择、计算书模板选择、质量管理体系文件设置等操作，见图 3.7-2。

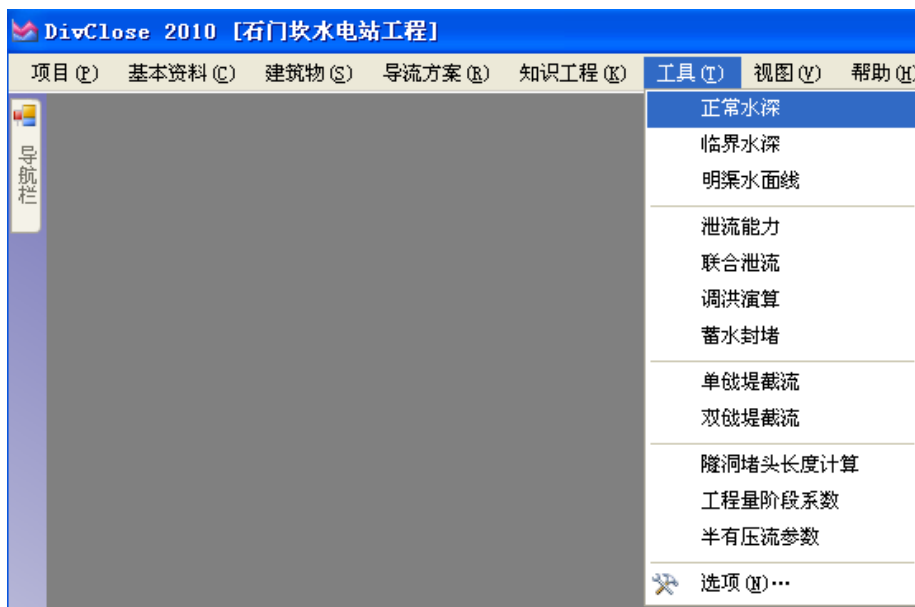


图 3.7-1 “工具”子菜单



图 3.7-2 选项菜单操作

### 3.8 视图设置

“视图”菜单主要对各个工具栏显示控制，如控制台被关闭后，可以点击菜单“视图”→“控制台”，这时控制台前面会自动标记为“√”，见图 3.8-1。

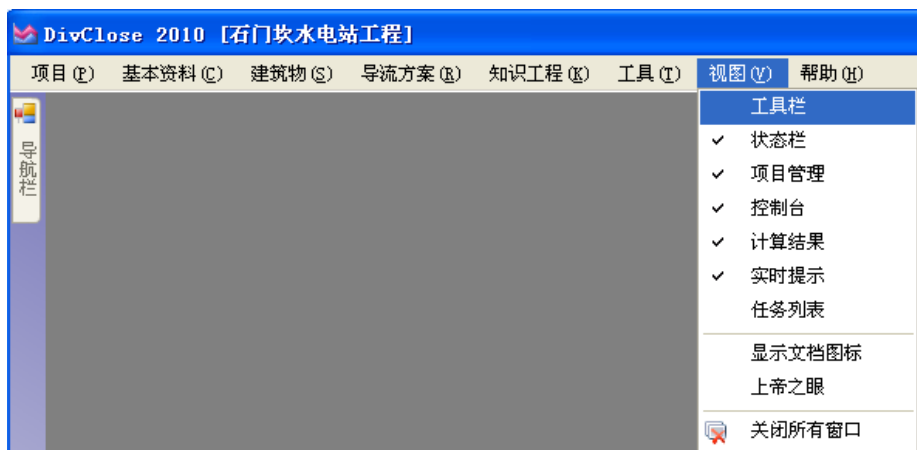


图 3.8-1 “视图”子菜单

### 3.9 帮助操作

“帮助”菜单主要是帮助用户快速使用本软件，解决用户使用过程中遇到的问题，

包括使用手册、实例手册、参考手册等，见图 3.9-1。



图 3.9-1 “帮助”子菜单

## 4 工程实例

本手册以“云南省李仙江石门坎水电站”度汛方案设计为算例，逐步演示本软件进行完整的施工导截流方案设计的全过程。

### 4.1 新建工程

- (1) 点击“项目”→“新建”，如图 4.1-1，弹出图 4.1-2 对话框；
- (2) 按照图 4.1-2 对话框填写相关项目基本参数。
- (3) 参数填写完成后，点击按钮“创建项目”，然后关闭该窗口。

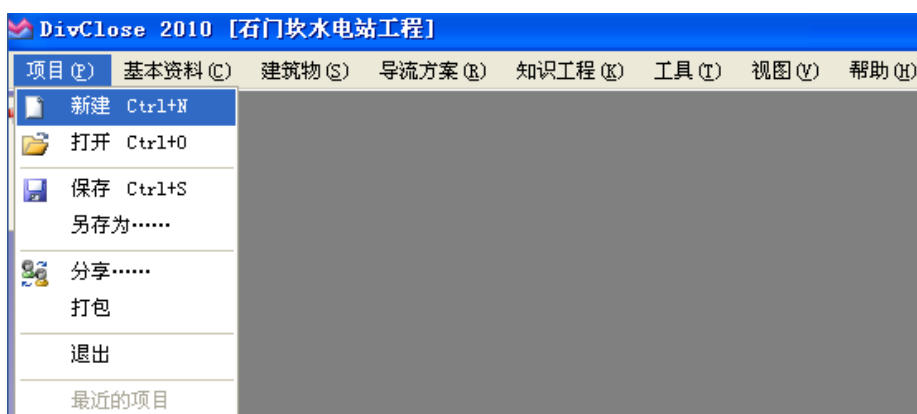


图 4.1-1 新建项目



图 4.1-2 项目属性设置

## 4.2 输入基本资料

输入水位库容关系、水位流量关系、各频率设计洪水过程线。

(1) 点击“基本资料”→“水文资料”→“水位库容关系”，如图 4.2-1，弹出图 4.2-2~图 4.2-4 对话框；

(2) 按照图 4.2-2~图 4.2-4 对话框填写相关参数，支持从 excel 表格直接粘贴数据，同时能将输入的数据实时绘制成曲线，以便检查数据的正确性。

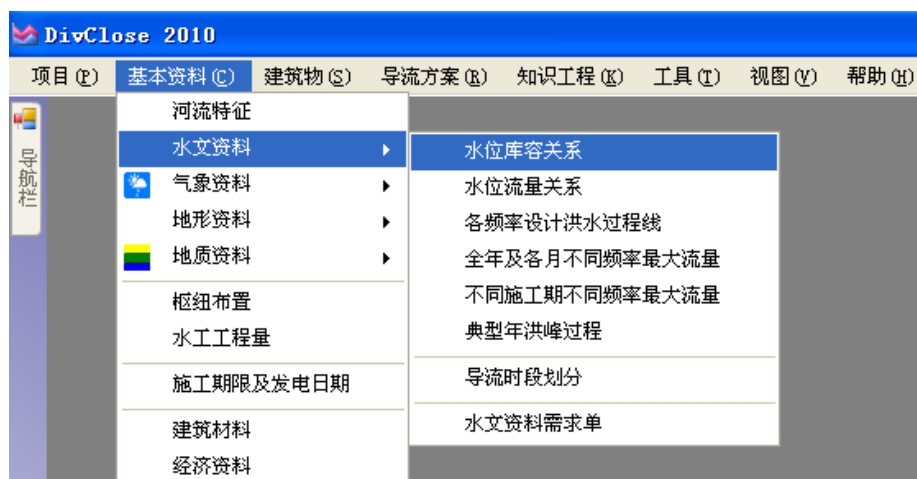


图 4.2-1 输入水文资料

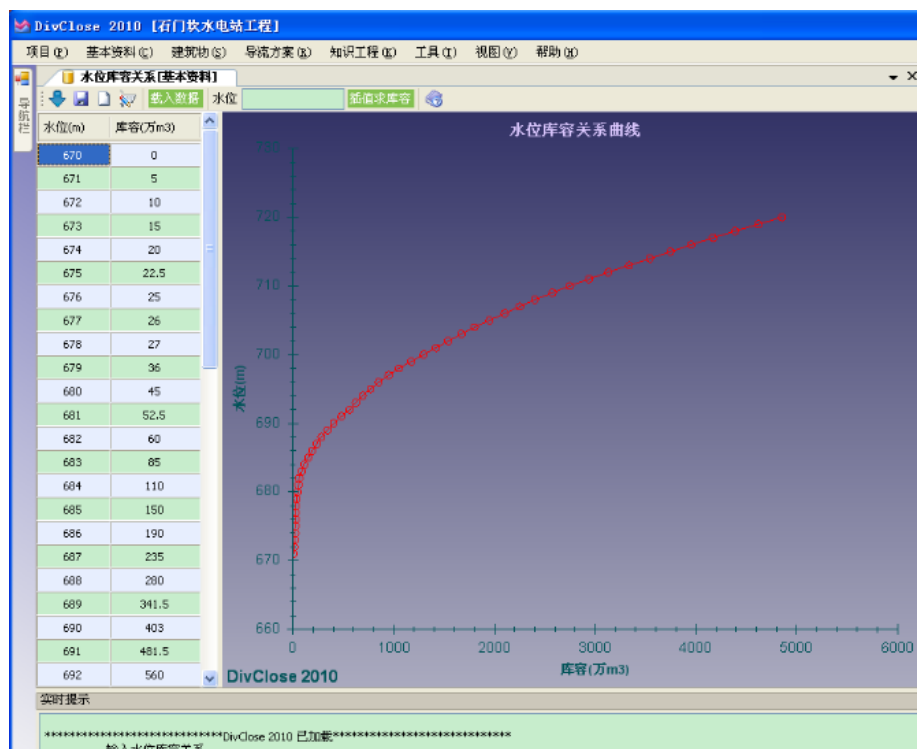


图 4.2-2 水位库容关系输入



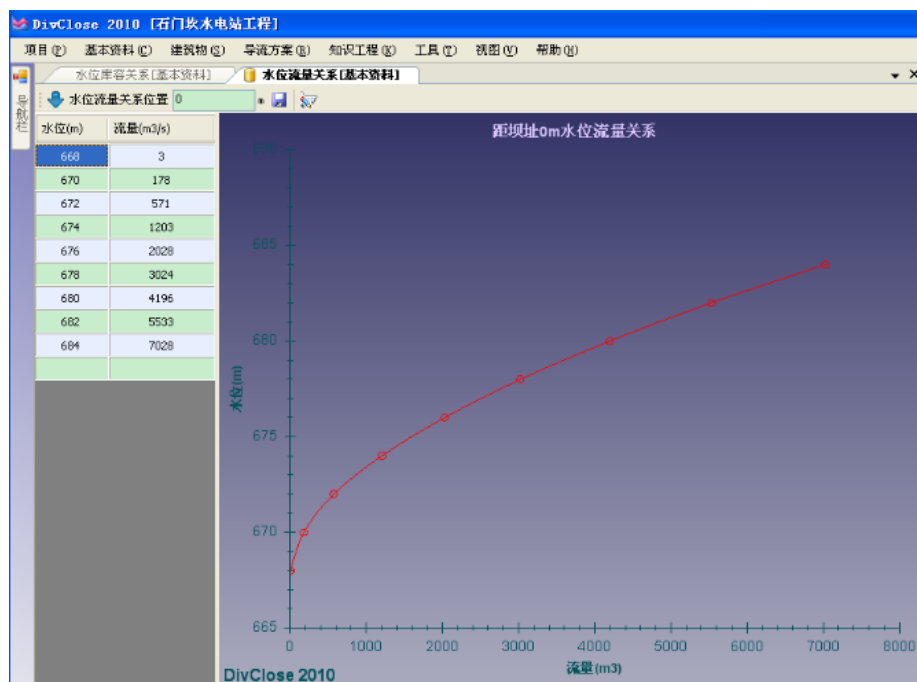


图 4.2-3 水位流量关系输入

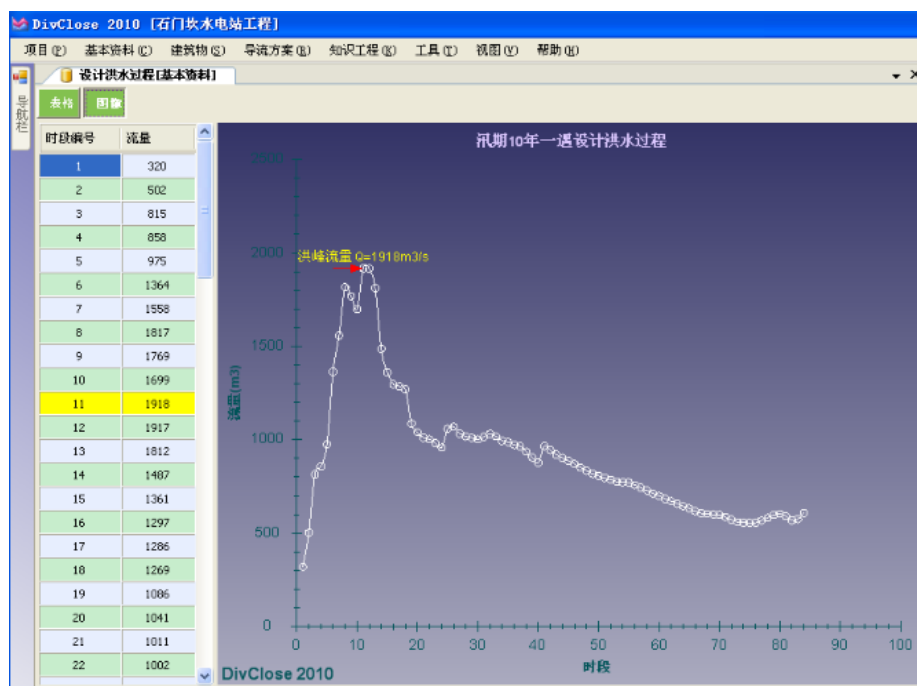


图 4.2-4 设计洪水过程输入

## 4.3 隧洞导流全年围堰方案（方案1）

### 4.3.1 增加 1# 不过水围堰

(1) 在项目管理窗体中，右键点击“挡水建筑物”→“新建”，如图 4.3-1，弹

出图 4.3-2 对话框，双击不过水围堰，弹出 4.3-3 对话框；

(2) 按照图 4.3-3 对话框填写相关围堰设计参数，填写完成，请点击保存。



图 4.3-1 新建挡水建筑物



图 4.3-2 建筑物模型库

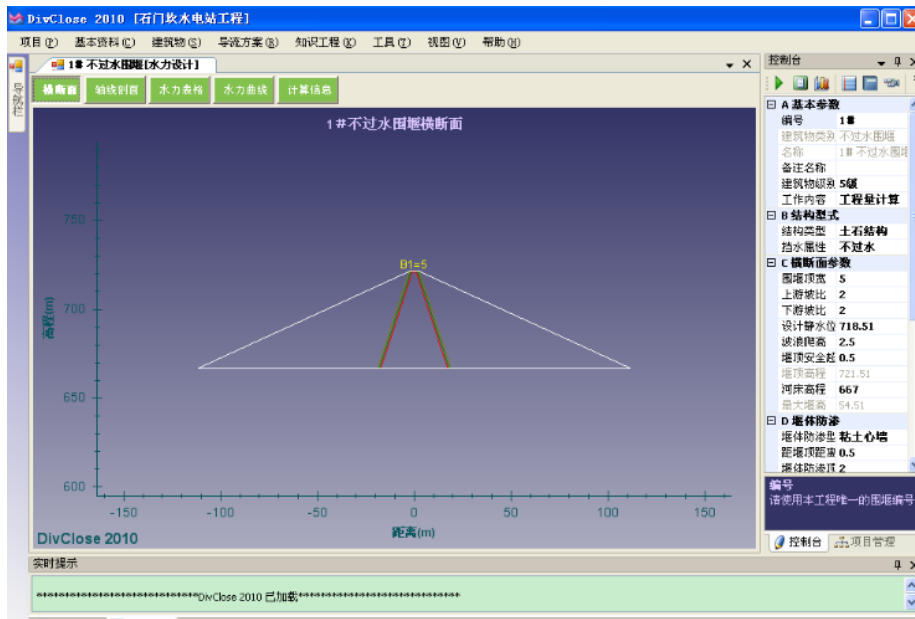


图 4.3-3 不过水围堰参数设置

### 4.3.2 建立 1# 导流洞

(1) 在项目管理窗口中，右键点击“泄水建筑物”→“新建”，如图 4.3-4，弹出图 4.3-2 对话框，双击导流洞，弹出 4.3-5 对话框；

(2) 按照图 4.3-4 对话框填写导流洞相关设计参数，填写完成，请点击保存。

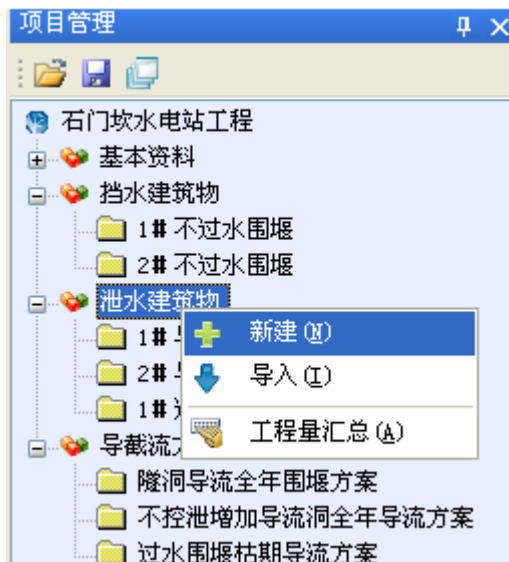


图 4.3-4 新建泄水建筑物

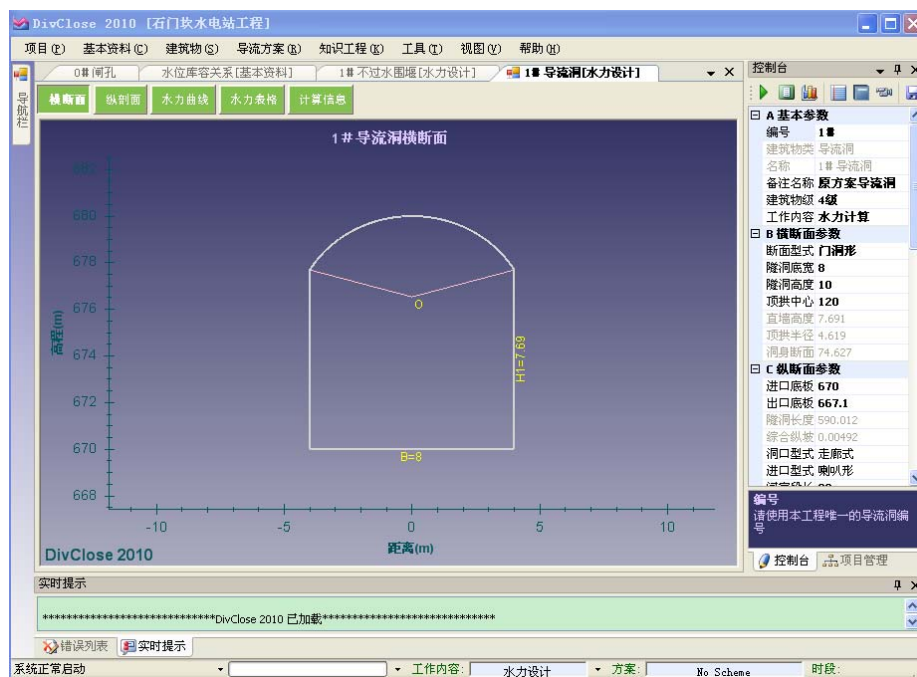


图 4.3-5 导流洞参数设置

### 4.3.3 建立隧洞导流全年围堰方案

(1) 在项目管理窗口中，右键点击“泄水建筑物”→“新建”，如图 4.3-6，弹出图 4.3-7 对话框，双击隧洞导流，弹出 4.3-8 对话框；

(2) 按照图 4.3-8 对话框填写相关参数，填写完成，请点击保存。

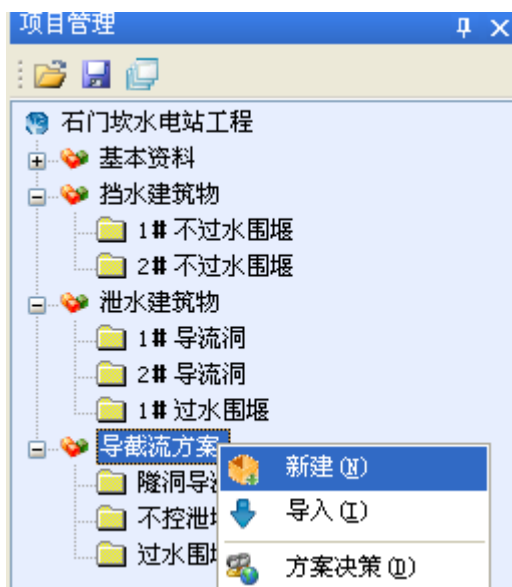


图 4.3-6 新建导流方案



图 4.3-7 导流方案模型库

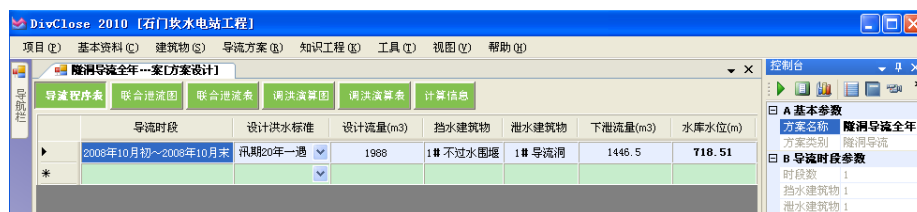


图 4.3-8 导流方案设置

### 4.3.4 1# 导流洞水力计算

(1) 在项目管理窗口中，双击已经建立好的“1# 导流洞”，如图 4.3-9，弹出图 4.3-5 对话框，在右侧点击下拉菜单工作内容，如图 4.3-10，选择“水力计算”；

(2) 点击控制台上的计算按钮，软件将会进行 1# 导流洞水力计算，并可查看相应的表格和曲线。

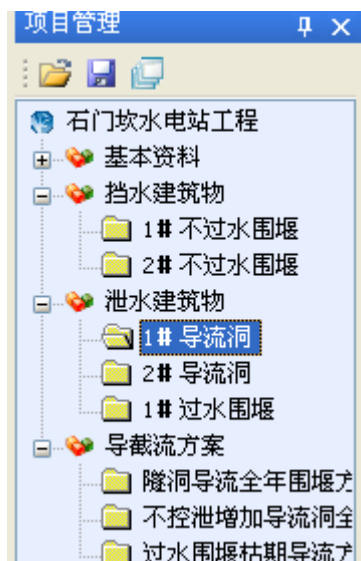


图 4.3-9 工程属性控制树

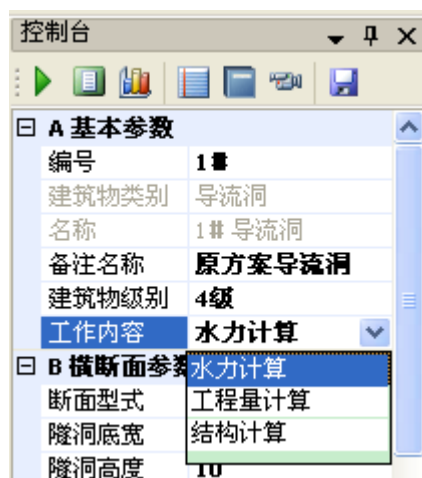


图 4.3-10 工作内容选择

### 4.3.5 导流方案 1 计算

(1) 在项目管理窗口中，双击已经建立好的“隧洞导流全年围堰方案”，如图 4.3-11，弹出图 4.3-12 对话框；

(2) 分别依次点击“联合泄流”和“调洪演算”进行相应的计算，计算完毕可以查看相应的表格和曲线。

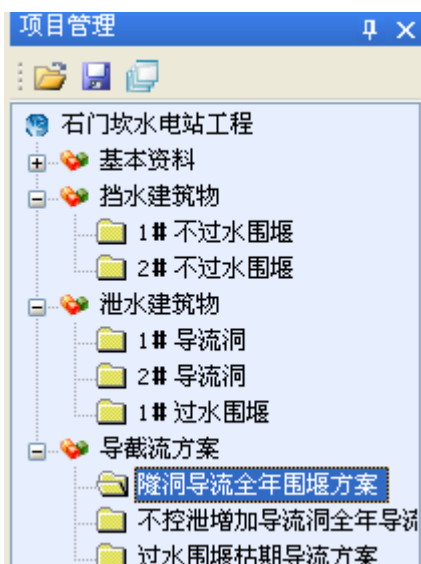


图 4.3-11 工作属性控制树



图 4.3-12 导流方案计算

### 4.3.6 1# 围堰工程量计算

(1) 在项目管理窗口中，双击已经建立好的“1# 不过水围堰”，如图 4.3-13，弹出图 4.3-3 对话框，按照导流方案计算出的水库水位，修改围堰设计静水位，在右侧点击下拉菜单工作内容，如图 4.3-14，选择“工程量计算”；

(2) 点击控制台上的计算按钮，软件将会进行 1# 不过水围堰工程量计算，并可查看相应的表格和曲线。

(3) 输入相应材料的单价，即可计算出围堰造价，如图 4.3-15。

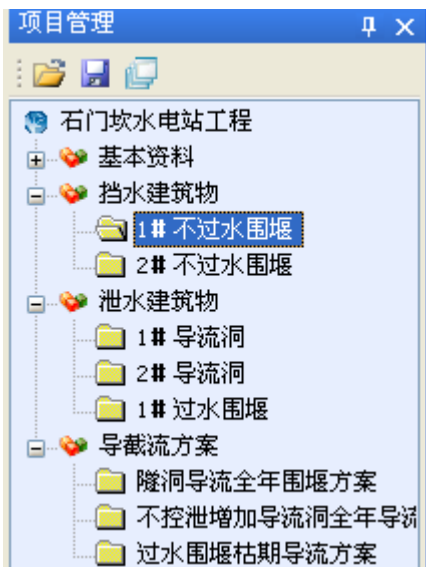


图 4.3-13 工作属性控制树

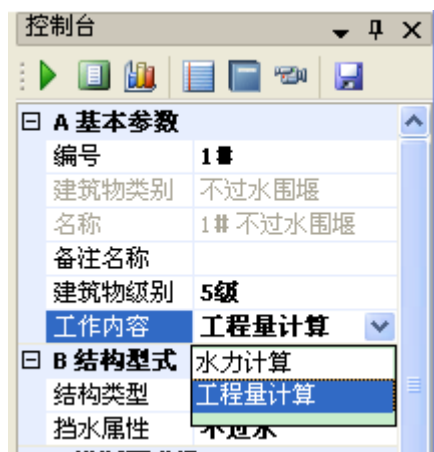


图 4.3-14 工作内容选择

编号	工程或费用名称	单位	数量	阶段系数	工程量	施工方法	单价(元)	合价(万元)
1	砂砾石料填筑	m3	294799.1	1.13	333122.9		21.37	711.884
2	粘土填筑	m3	65758.7	1.13	74307.34		33.74	250.713
3	反滤料填筑	m3	1516.599	1.13	1713.756		20.89	3.580
4	过渡料填筑	m3	1516.601	1.13	1713.759		20.89	3.580
5	围堰拆除	m3	363591	1.13	410857.8		24.7	1014.819

图 4.3-15 围堰工程量计算

### 4.3.7 1# 导流洞结构参数设置

(1) 在项目管理窗口中，右键单击已经建立好的“1# 导流洞”，如图 4.3-16，选择“结构设计”，弹出图 4.3-17 对话框；

(2) 按照图 4.3-17 对话框填写相关参数，填写完成，请点击保存。



图 4.3-16 结构设计菜单选择

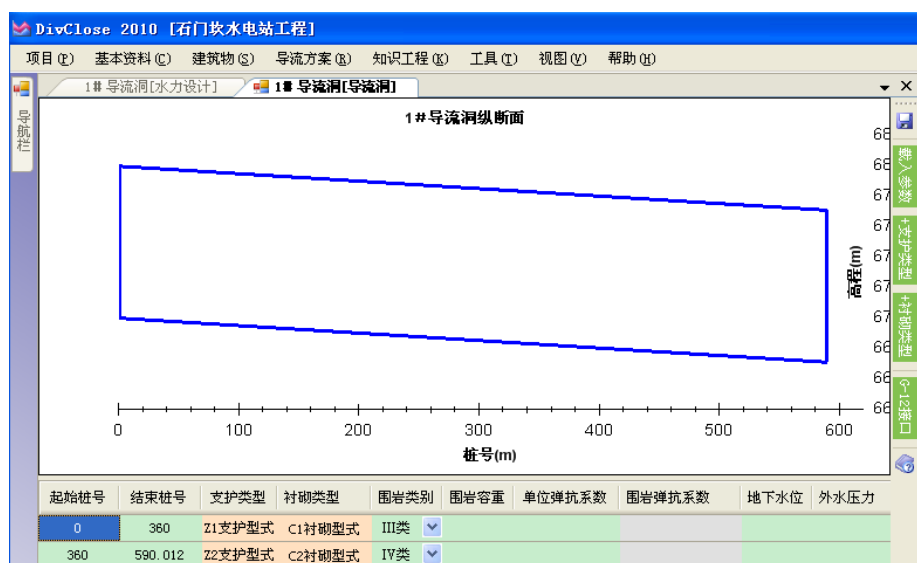


图 4.3-17 导流洞结构设计



### 4.3.8 1# 导流洞工程量计算

(1) 在项目管理窗口中，双击已经建立好的“1# 导流洞”，如图 4.3-9，弹出图 4.3-5 对话框，在右侧点击下拉菜单工作内容，如图 4.3-10，选择“工程量计算”；

(2) 点击控制台上的计算按钮，软件将会进行 1# 导流洞工程量计算，并可查看相应的表格和曲线。

(3) 输入相应材料的单价，即可计算出围堰造价，如图 4.3-18。



编号	工程或费用名称	单位	数量	阶段系数	工程量	施工方法	单价(元)	合价(万元)
1	石方洞挖	m3	53357.38	1.13	60293.84		561.32	3384.414
2	喷混凝土(C20)	m3	513.2013	1.13	579.9175		664.2	38.518
3	喷混凝土(C15)	m3	486.3717	1.13	549.6		592.37	32.557
4	混凝土衬砌(C25)	m3	9326.237	1.13	10538.65		670.2	706.300
5	钢筋	t	929.729	1.13	1050.594		6178.12	649.069
6	钢筋网(Φ6@15)	t	47.78165	1.13	53.99326		6324	34.145
7	锚杆(Φ22L=5m)	根	1224	1.13	1383.12		150	20.747
8	锚杆(Φ25L=6m)	根	575	1.13	649.75		170	11.046
9	固结灌浆(单孔深5...	m	6900	1.13	7797		160.93	125.477
10	固结灌浆(单孔深6...	m	5748	1.13	6495.24		172.5	112.043
8	回填灌浆	m2	6440.301	1.13	7277.541		68.1	49.560

图 4.3-18 导流洞工程量计算

### 4.3.9 导流方案 1 工程量汇总

在项目管理窗口中，双击已经建立好的“隧洞导流全年围堰方案”，如图 4.3-19，弹出图 4.3-20 工程量汇总后的对话框。

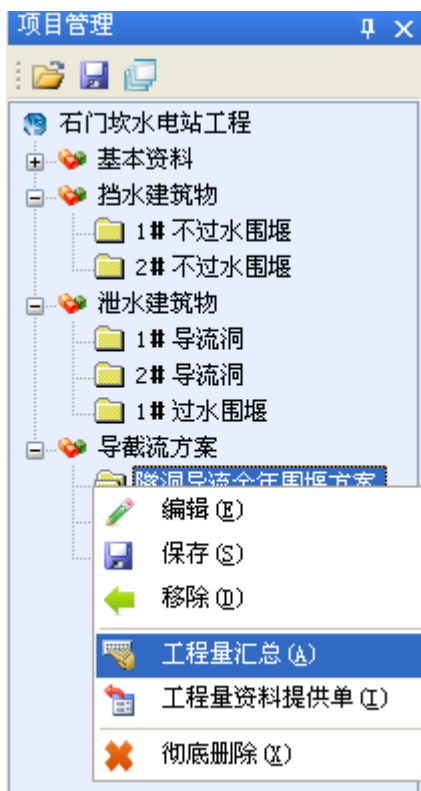


图 4.3-19 工程量汇总选择

编号	工程或费用名称	单位	数量	阶段系数	工程量	施工方法	单价(元)	合价(万元)
1	1# 不过水围堰工程量	***	***	***	***	***	***	1984.576
1.1	反滤料填筑	m3	1516.599	1.13	1713.756		0	0
1.2	过渡料填筑	m3	1516.601	1.13	1713.759		0	0
1.3	砂砾石料填筑	m3	294799.1	1.13	333122.9		0	0
1.4	围堰拆除	m3	363591	1.13	410857.8		0	0
1.5	粘土填筑	m3	65758.7	1.13	74307.34		0	0
1	1# 导流洞工程量	***	***	***	***	***	***	5163.876
1.1	钢筋	t	929.729	1.13	1050.594		0	0
1.2	钢筋网(Φ6@15)	t	47.78165	1.13	53.99326		0	0
1.3	固结灌浆(单孔深5m)	m	6900	1.13	7797		0	0
1.4	固结灌浆(单孔深6m)	m	5748	1.13	6495.24		0	0
1.5	回填灌浆	m2	6440.301	1.13	7277.541		0	0
1.6	混凝土衬砌(C25)	m3	9326.237	1.13	10538.65		0	0
1.7	锚杆(Φ22L=5m)	根	1224	1.13	1383.12		0	0
1.8	锚杆(Φ25L=6m)	根	575	1.13	649.75		0	0
1.9	喷混凝土(C15)	m3	486.3717	1.13	549.6		0	0
1.10	喷混凝土(C20)	m3	513.2013	1.13	579.9175		0	0
1.11	石方洞挖	m3	53357.38	1.13	60293.84		0	0

图 4.3-20 方案 1 工程量汇总

#### 4.4 不控泄增加导流洞全年导流方案(方案 2)

按照 4.3 章节介绍，建立方案 2。

## 4.5 过水围堰枯期导流方案（方案3）

按照 4.3 章节介绍，建立方案 3。

## 4.6 方案决策

(1) 在项目管理窗口中，右键单击“导截流方案”，如图 4.6-1，选择“方案决策”，弹出图 4.6-2 对话框；

(2) 按照图 4.6-2 对话框填写相关参数，填写完成，请点击“保存”按钮；

(3) 点击计算，即可计算出各个项目的贴进度，如图 4.6-2。

至此，一个完整工程的施工导截流方案决策已经完成。

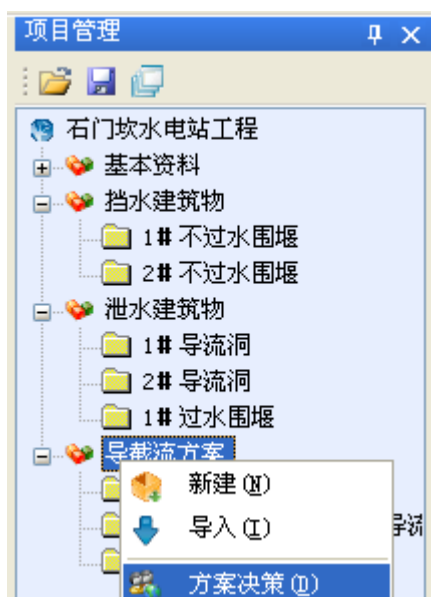


图 4.6-1 方案决策选择

DivClose 2010 [石门坎水电站工程]					
项目 (P) 基本资料 (C) 建筑物 (S) 导流方案 (G) 知识工程 (K) 工具 (T) 视图 (V) 帮助 (H)					
方案决策					
显示所有方案 决策指标权重设置					
	名称	工期(月)	费用(万元)	技术难度	贴进度
▶	√ 隧洞导流全年围堰方案	39	7148.452	中等	0.734
	不控泄增加导流洞全年导流...	44	6508.407	高	0.448
	过水围堰枯期导流方案	62	2463.36	中等	0.487

图 4.6-2 方案决策结果

## 5 水力学理论

### 5.1 明渠均匀流

(1) 按照《水力计算手册(第二版)》(第二篇 渠道的水力计算)中有关公式计算。

(2) 计算公式

1) 已知水深  $h$ , 底坡  $i$ , 断面几何参数等, 计算流量  $Q$

$$Q = \frac{AR^{2/3}}{n} \sqrt{i} \quad (\text{公式 5.1-1})$$

$$R = \frac{A}{\chi} \quad (\text{公式 5.1-2})$$

公式中:

$Q$ ——过水断面流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ 。       $A$ ——过水断面面积,  $\text{m}^2$ 。

$R$ ——过水断面水力半径,  $\text{m}$ 。       $\chi$ ——过水断面湿周,  $\text{m}$ 。

$n$ ——过水断面糙率。       $i$ ——河道底坡。

2) 已知流量  $Q$ , 糙率  $n$ , 断面几何参数等, 计算渠道底坡  $i$

$$i = \left( \frac{Qn}{AR^{2/3}} \right)^2 \quad (\text{公式 5.1-3})$$

3) 已知流量  $Q$ , 底坡  $i$ , 断面几何参数等, 计算渠道正常水深  $h_0$

$$\frac{Qn}{\sqrt{i}} = A(h_0)[R(h_0)]^{2/3} \quad (\text{公式 5.1-4})$$

4) 已知流量  $Q$ , 底坡  $i$ , 断面部分几何参数等, 计算渠道底宽  $b$

$$\frac{Qn}{\sqrt{i}} = A(b)[R(b)]^{2/3} \quad (\text{公式 5.1-5})$$

对于求解正常水深  $h_0$ , 底宽  $b$  时, 采用二分法求解。

(3) 综合糙率  $n$  的计算 (圆形断面不需要进行此项计算)

渠道湿周各部分的粗糙系数不同时, 可采用下述方法求得综合糙率  $n$  当作为全断面统一的糙率取值, 进行水力计算。

设总湿周  $\chi$  的各组成部分  $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$  所对应的粗糙系数分别为  $n_1, n_2, \dots, n_n$  其中最大的粗糙系数为  $n_{max}$ , 最小的粗糙系数为  $n_{min}$ , 其综合糙率  $n$  的计算公式如下:

当  $n_{max}/n_{min} \leq 2$  时

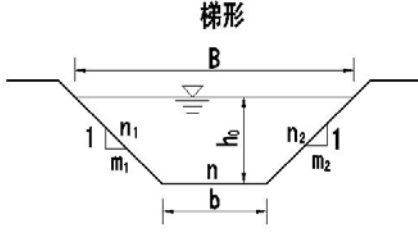
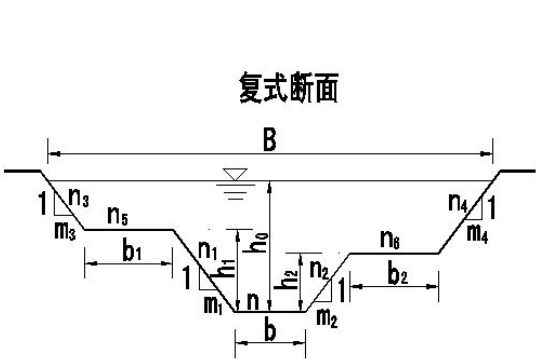
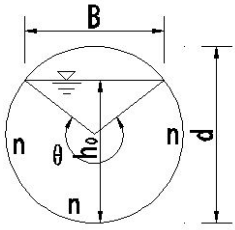
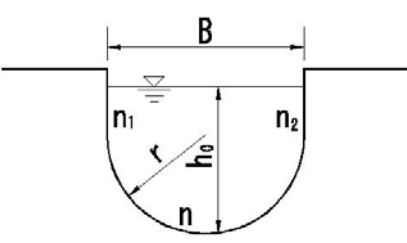
$$n = \frac{\chi_1 n_1 + \dots + \chi_n n_n}{\chi_1 + \dots + \chi_n} \quad (\text{公式 5.1-6})$$

当  $n_{\max}/n_{\min} > 2$  时

$$n = \frac{(\chi_1 n_1^{3/2} + \dots + \chi_n n_n^{3/2})^{2/3}}{\chi_1 + \dots + \chi_n} \quad (\text{公式 5.1-7})$$

(4) 不同断面水力计算要素

表 5.1-1 不同断面水力学计算要素

 <p style="text-align: center;">梯形</p>	$A = \frac{1}{2}(2b + m_1 h_0 + m_2 h_0) h_0$ $\chi = b + \sqrt{1 + m_1^2} h_0 + \sqrt{1 + m_2^2} h_0$ $B = b + m_1 h_0 + m_2 h_0$
 <p style="text-align: center;">复式断面</p>	$A = \frac{1}{2}[(m_3(h_0 - h_1) + 2b_1](h_0 - h_1) + \frac{1}{2}(2h_0 - h_1)m_1 h_1$ $+ bh_0 + \frac{1}{2}(2h_0 - h_2)m_2 h_2 + \frac{1}{2}[(m_4(h_0 - h_2) + 2b_2](h_0 - h_2)$ $\chi = \sqrt{1 + m_3^2} (h_0 - h_1) + b_1 + \sqrt{1 + m_1^2} h_1 + b$ $+ \sqrt{1 + m_2^2} h_2 + b_2 + \sqrt{1 + m_4^2} (h_0 - h_2)$ $B = b + b_1 + b_2 + m_1 h_1 + m_3(h_0 - h_1)$ $+ m_2 h_2 + m_4(h_0 - h_2)$
	$A = \frac{1}{8}(\theta - \sin \theta)d^2 \quad \theta \text{——弧度}$ $\chi = \frac{1}{2}\theta d$ $B = (\sin \frac{\theta}{2})d \quad h_0 = \frac{1}{2}d(1 - \cos \frac{\theta}{2})$
	$A = \frac{1}{2}\pi r^2 + 2r(h_0 - r)$ $\chi = \pi r + 2(h_0 - r)$ $B = 2r$

## 5.2 明渠渐变流

(1) 按照《水力计算手册(第二版)》(第二篇 渠道的水力计算)中有关公式计算。

(2) 计算公式如下:

1) 小底坡渠道的断面比能计算公式

$$E_s = h + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \quad (\text{公式 5.2-1})$$

公式中:

$Q$ ——过水断面流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$A$ ——过水断面面积,  $\text{m}^2$ ;

$g$ ——重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ ;

$h$ ——水深,  $\text{m}$ ;

$v$ ——流速,  $\text{m}/\text{s}$ ;

$\alpha$ ——动能修正系数。

(2) 明槽恒定渐变流相邻两断面间微分离散方程

$$\begin{aligned} E_{s,p+1} - E_{s,p} &= \pm \Delta s_p (i - \bar{J}_p) \\ p &= 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (\text{公式 5.2-2})$$

或

$$\begin{aligned} \left( h_{p+1} + \frac{\alpha Q^2}{2gA_{p+1}} \right) - \left( h_p + \frac{\alpha Q^2}{2gA_p} \right) &= \pm \Delta s_p (i - \bar{J}_p) \\ p &= 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (\text{公式 5.2-3})$$

其中, 渠段平均水力坡度为:

$$\bar{J}_p = \frac{1}{2}(J_p + J_{p+1}) = \frac{Q^2 n^2}{2} \left( \frac{1}{A_p^2 R_p^{4/3}} + \frac{1}{A_{p+1}^2 R_{p+1}^{4/3}} \right) \quad (\text{公式 5.2-4})$$

公式中:

$E_{s,p+1}$ 、 $E_{s,p}$ ——断面  $p$ 、 $p+1$  的断面比能;

$\Delta s_p$ ——两个断面的间距;  $n$ ——渠道糙率;

$h_p$ 、 $A_p$ 、 $R_p$ 、 $J_p$ ——各个断面的水深、过水断面面积、水力半径和水力坡度。

公式(5.2-2)、公式(5.2-3)中等号右边“ $\pm$ ”项的选择: 急流时取“+”, 缓流时

取“-”。

急流时，控制断面是下游渠段水面线的起点，断面序号向下游方向增加；缓流时，控制断面是上游渠段水面线的起点，断面序号向上游方向增加。

(3) 计算步骤

本程序采用分段求和法计算渠段水深，其计算步骤为：

- 1) 先对水面曲线进行定性分析，确定其水深变化趋势和范围；
- 2) 从控制断面开始，按一定变化幅度递增或递减地取个断面的水深值，为保证设计计算精度，两相邻断面的水深幅度不宜太大，一般控制在 2cm 以内；
- 3) 计算各个断面之间的间距：

$$\Delta s_p = \pm \frac{E_{s,p+1} - E_{s,p}}{i - J_p} = \frac{(h_{p+1} + \frac{\alpha Q^2}{2gA_{p+1}}) - (h_p + \frac{\alpha Q^2}{2gA_p})}{i - J_p} \quad \text{(公式 5.2-5)}$$

公式中各符号的意义同公式 (1-2) ~ 公式 (1-4)。

- 4) 将分段计算出的断面间距求和，确定各断面的位置，从而确定了水深沿程变化规律 h (s)。

(4) 水面曲线类型

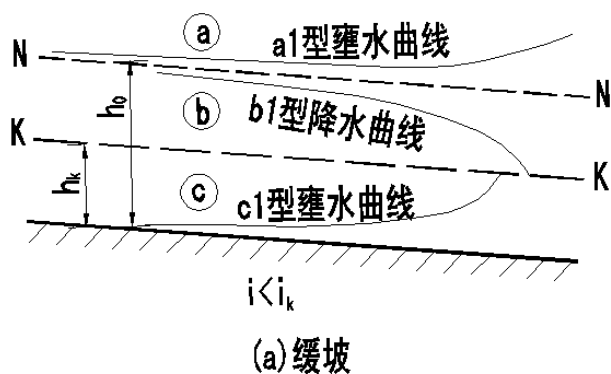


图 5.2-1 曲线类型 1

表 5.2-1 底坡  $i < i_k$  水面曲线特性和控制断面

水面曲线类型	水面曲线特性和控制断面
a1 型，缓流，壅水曲线	上游端水深渐近于 $h_0$ ，控制在下游端，水深大于 $h_0$
b1 型，缓流，降水曲线	上游端水深渐近于 $h_0$ ，控制在下游端，下游水深 $h_s \leq h_k$ 时，取计算水深 $h_p = h_k$ ； $h_s > h_k$ 时， $h_p = h_s$
c1 型，急流，壅水曲线	控制在上游端收缩断面处

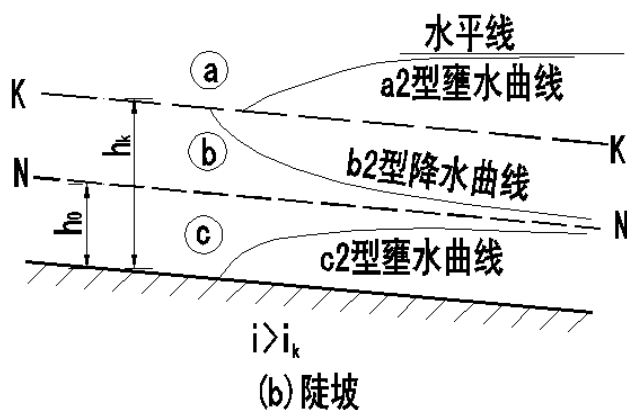


图 5.2-2 曲线类型 2

表 5.2-2 底坡  $i > i_k$  水面曲线特性和控制断面

水面曲线类型	水面曲线特性和控制断面
a2 型, 缓流, 壅水曲线	控制在下游端
b2 型, 急流, 降水曲线	下游端水深渐近于 $h_0$ , 控制在上游端, 控制水深小于 $h_k$
c2 型, 急流, 壅水曲线	下游端水深渐近于 $h_0$ , 控制在上游端收缩断面处

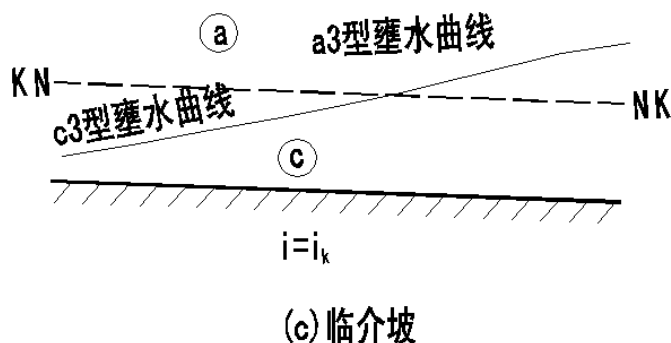


图 5.2-3 曲线类型 3

表 5.2-3 底坡  $i = i_k$  水面曲线特性和控制断面

水面曲线类型	水面曲线特性和控制断面
a3 型, 缓流, 壅水曲线	上游端水深渐近于 $h_k$ , 控制在下游端, 控制水深大于 $h_k$
c3 型, 急流, 壅水曲线	上游端水深渐近于 $h_k$ , 控制在上游端



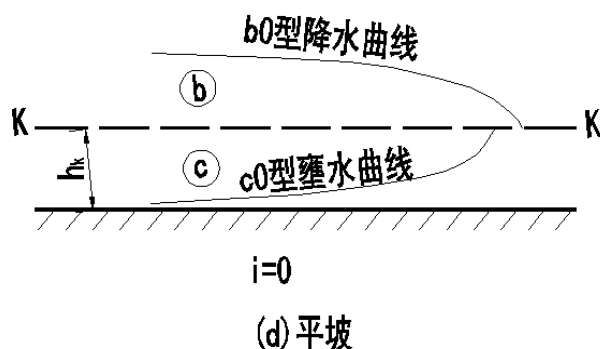


图 5.2-4 曲线类型 4

表 5.2-4 底坡  $i=0$  水面曲线特性和控制断面

水面曲线类型	水面曲线特性和控制断面
b0 型，急流，降水曲线	控制在下游端，计算水深同 $h_k$
c0 型，急流，壅水曲线	控制在上游端收缩断面处

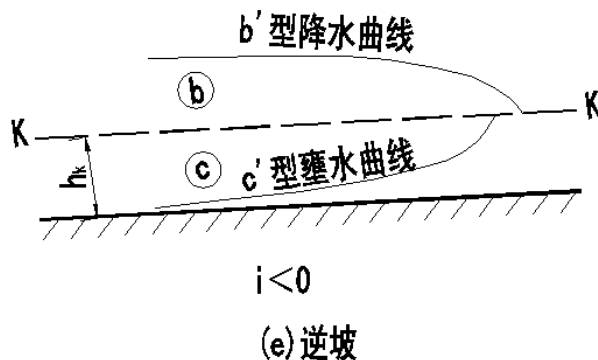


图 5.2-5 曲线类型 5

表 5 底坡  $i < 0$  水面曲线特性和控制断面

水面曲线类型	水面曲线特性和控制断面
b'型，缓流，降水曲线	控制在下游端，计算水深同 $h_k$
c'型，急流，壅水曲线	控制在上游端收缩断面处

(5)综合糙率  $n$  的计算

渠道湿周各部分的粗糙系数不同时，可采用下述方法求得综合糙率  $n$  当作为全断面统一的糙率取值，进行水力计算。

设总湿周  $\chi$  的各组成部分  $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$  所对应的粗糙系数分别为  $n_1, n_2, \dots, n_n$  其中最大的粗糙系数为  $n_{max}$ , 最小的粗糙系数为  $n_{min}$ , 其综合糙率  $n$  的计算公式如下:

当  $n_{max}/n_{min} \leq 2$  时

$$n = \frac{\chi_1 n_1 + \dots + \chi_n n_n}{\chi_1 + \dots + \chi_n} \quad (\text{公式 5.2-6})$$

当  $n_{max}/n_{min} > 2$  时

$$n = \frac{(\chi_1 n_1^{3/2} + \dots + \chi_n n_n^{3/2})^{2/3}}{\chi_1 + \dots + \chi_n} \quad (\text{公式 5.2-7})$$

### 5.3 宽顶堰流

(1) 按照《水力计算手册(第二版)》(第三篇 第二章 宽顶堰流)中有关公式计算。

(2) 计算公式

1) 堰流流量计算公式

$$Q = \sigma_s \sigma_c m n b \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (\text{公式 5.3-1})$$

公式中:

$Q$ ——宽顶堰流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;       $\sigma_s$ ——淹没系数;

$\sigma_c$ ——侧收缩系数;       $m$ ——宽顶堰流流量系数;

$n$ ——闸孔数;       $b$ ——每孔净宽, 单位  $\text{m}$ ;

$H_0$ ——包括行进流速水头的堰前水头, 单位  $\text{m}$ 。

2) 有底坎宽顶堰流量系数

a) 进口边缘为直角的宽顶堰流量系数

$0 < P/H < 3.0$  时

$$m = 0.32 + 0.01 \frac{3 - P/H}{0.46 + 0.75P/H} \quad (\text{公式 5.3-2})$$

$P/H \geq 3.0$  时,  $m = 0.32$



图 5.3-1 直角和修圆进口的有底坎宽顶堰



图 5.3-2 斜坡和斜角式进口的有底坎宽顶堰

b) 进口边缘为修圆的宽顶堰流量系数

$0 < P/H < 3.0$  时

$$m = 0.36 + 0.01 \frac{3 - P/H}{1.2 + 1.5P/H} \quad (\text{公式 5.3-3})$$

$P/H \geq 3.0$  时,  $m = 0.36$

c) 进口边缘为斜坡式进口的宽顶堰流量系数

d) 进口边缘为斜角式进口的宽顶堰流量系数

上游斜坡式进口流量系数  $m$

$P/H$	$\text{ctg}\theta$				
	0.5	1.0	1.5	2.0	$\geq 2.5$
0	0.385	0.385	0.385	0.385	0.385
0.2	0.372	0.377	0.380	0.382	0.382
0.4	0.365	0.373	0.377	0.380	0.381
0.6	0.361	0.370	0.376	0.379	0.380
0.8	0.357	0.368	0.375	0.378	0.379
1.0	0.355	0.367	0.374	0.377	0.378
2.0	0.349	0.363	0.371	0.375	0.377
4.0	0.345	0.361	0.370	0.374	0.376
6.0	0.344	0.360	0.369	0.374	0.376
8.0	0.343	0.360	0.369	0.374	0.376
$\infty$	0.340	0.358	0.368	0.373	0.375

上游有 45°斜角式进口的流量系数  $m$

$P/H$	$f/H$			
	0.025	0.050	0.100	$\geq 2.00$
0	0.385	0.385	0.385	0.385
0.2	0.371	0.374	0.376	0.377
0.4	0.364	0.367	0.370	0.373
0.6	0.359	0.363	0.367	0.370
0.8	0.356	0.360	0.365	0.368
1.0	0.353	0.355	0.363	0.367
2.0	0.347	0.353	0.358	0.363
4.0	0.342	0.349	0.355	0.361
6.0	0.341	0.348	0.354	0.360
$\infty$	0.337	0.345	0.352	0.358

3) 无底坎宽顶堰流量系数

a) 单孔闸

可由下表按照单孔闸翼墙的型式，直接查出其流量系数，不必再考虑侧收缩系数。

b) 多孔闸

对于多孔闸，要综合考虑边墩和中墩对溢流能力的作用。其方法如下：

若由下表直接查出其流量系数，则不必再考虑侧收缩系数，综合流量系数为：

$$m = \frac{m_m(m-2) + m_{s1} + m_{s2}}{n} \quad (\text{公式 5.3-4})$$

公式中：n—孔数；

$m_m$ ——中孔流量系数，将中墩的一半看成边墩，《水力计算手册》表 3-2-3~表 3-2-6

中  $b/B$  用  $\frac{b}{b+d}$  代替， $d$  为墩厚；

$m_{s1}, m_{s2}$ ——边孔流量系数，按照边墩形状查《水力计算手册》表 3-2-3~表 3-2-6，

式中  $b/B$  用  $\frac{b}{b+\Delta b}$  代替， $\Delta b$  为边墩边缘线与建筑物上游引渠水边线之间的距离。



图 5.3-3 直角和八字形翼墙进口的无底坎宽顶堰



图 5.3-4 圆弧形和斜角形翼墙进口的无底坎宽顶堰

直角形翼墙进口的平底宽顶堰流量系数

$b/B$	$\approx 0.0$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$m$	0.320	0.322	0.324	0.327	0.330	0.334	0.340	0.346	0.355	0.367	0.385

八字形翼墙进口的平底宽顶堰流量系数

$\alpha \tan \beta$	$b/B$										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5	0.343	0.344	0.346	0.348	0.350	0.352	0.356	0.360	0.365	0.373	0.385
1.0	0.350	0.351	0.352	0.354	0.356	0.358	0.364	0.364	0.369	0.375	0.385
2.0	0.353	0.354	0.355	0.357	0.358	0.360	0.366	0.366	0.370	0.376	0.385
3.0	0.350	0.351	0.352	0.354	0.356	0.358	0.364	0.364	0.369	0.375	0.385

圆弧形翼墙进口的平底宽顶堰流量系数

$r/b$	$b/B$										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.00	0.320	0.322	0.324	0.327	0.330	0.334	0.340	0.346	0.355	0.367	0.385
0.05	0.335	0.337	0.338	0.340	0.343	0.346	0.350	0.355	0.362	0.371	0.385
0.10	0.342	0.344	0.345	0.343	0.349	0.352	0.354	0.359	0.365	0.373	0.385
0.20	0.349	0.350	0.351	0.353	0.355	0.357	0.360	0.363	0.368	0.375	0.385
0.30	0.354	0.355	0.356	0.357	0.359	0.361	0.363	0.366	0.371	0.376	0.385
0.40	0.357	0.358	0.359	0.360	0.362	0.363	0.365	0.368	0.372	0.377	0.385
$\geq 0.50$	0.360	0.361	0.362	0.363	0.364	0.366	0.368	0.370	0.373	0.378	0.385

斜角形翼墙进口的平底宽顶堰流量系数

$e/b$	$b/B$										
	$\approx 0.0$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.000	0.320	0.322	0.324	0.327	0.330	0.334	0.340	0.346	0.355	0.367	0.385
0.025	0.335	0.337	0.338	0.341	0.343	0.346	0.350	0.355	0.362	0.371	0.385
0.050	0.340	0.341	0.343	0.345	0.347	0.350	0.354	0.358	0.364	0.372	0.385
0.100	0.345	0.346	0.348	0.349	0.351	0.354	0.357	0.361	0.366	0.374	0.385
$\geq 0.200$	0.350	0.351	0.352	0.354	0.356	0.358	0.361	0.364	0.369	0.375	0.385

## 4) 有底坎宽顶堰侧收缩系数计算公式

$$\sigma_c = 1 - \frac{\alpha}{\sqrt[3]{0.2 + P/H}} \sqrt{\frac{b}{B}} (1 - b/B) \quad (\text{公式 5.3-5})$$

公式中:

$P$ —上游堰高, 单位 m;  $H$ —堰前水头, 单位 m;

$B$ —上游引渠宽, 单位 m;  $m$ —宽顶堰流流量系数;

$n$ —闸孔数;  $b$ —每孔净宽, 单位 m;

$\alpha$ —系数, 闸墩(或边墩)墩头为矩形, 宽顶堰进口边缘为直角时,  $\alpha=0.19$ ; 闸墩(或边墩)墩头为曲线形, 宽顶堰进口边缘为直角或圆弧时,  $\alpha=0.10$ 。

公式适用条件:  $b/B \geq 0.2$ ,  $P/H \leq 3.0$

当  $b/B < 0.2$  时, 用  $b/B=0.2$  计算;

当  $P/H > 3.0$  时, 用  $P/H=3.0$  计算。

多孔闸侧收缩系数计算公式

$$\bar{\sigma}_c = \frac{\sigma_{cm}(n-2) + \sigma_{cs1} + \sigma_{cs2}}{n} \quad (\text{公式 5.3-6})$$

公式中:

$n$ —孔数;

$\sigma_{cm}$ —中孔侧收缩系数, 按照公式 1-3 计算, 式中  $b/B$  用  $\frac{b}{b+d}$  代替,  $d$  为墩厚;

$\sigma_{cs1}$ ,  $\sigma_{cs2}$ —边孔侧收缩系数, 按照公式 1-3 计算, 式中  $b/B$  用  $\frac{b}{b+\Delta b}$  代替,  $\Delta b$

为边墩边缘线与建筑物上游引渠水边线之间的距离。

## 5) 淹没与自由泄流分界条件:

$\frac{h_s}{H} < 0.8$ , 自由泄流;

$\frac{h_s}{H} \geq 0.8$ , 淹没泄流。

## 6) 淹没系数

宽顶堰淹没系数  $\sigma_s$  表

$h_s/H_0$	$0 \leq 0.80$	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85
$\sigma_s$	1.00	0.995	0.990	0.98	0.97	0.96
$h_s/H_0$	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91
$\sigma_s$	0.95	0.93	0.90	0.87	0.84	0.82
$h_s/H_0$	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97
$\sigma_s$	0.78	0.74	0.70	0.65	0.59	0.50
$h_s/H_0$	0.98					
$\sigma_s$	0.40					

### (3) 计算方法

根据宽顶堰进口边缘型式、堰高、水深等相关参数，按照上述公式或表格，得到宽顶堰堰流系数  $m$ ，侧收缩系数  $\sigma_c$ ；和宽顶堰淹没系数  $\sigma_s$ 。

(4) 代入公式 5.3-1，计算出堰流流量  $Q$ 。

## 5.4 缺口（梳齿孔）水力计算

缺口（梳齿孔）的泄流量计算，完全可以按照宽顶堰的自由出流和淹没出流的工况进行计算，缺口情况视为单孔，梳齿孔视为多孔计算。方法参见“堰流水力学”一节。

## 5.5 导流隧洞水力计算

(1) 按照《水力计算手册（第二版）》（第七篇 水工隧洞的水力计算）中有关公式计算。

(2) 计算公式及参数选取

### 1) 隧洞水流流态判别

a) 对  $i < i_k$  的缓坡隧洞 ( $i$  为底坡,  $i_k$  为临界坡)

$H/a < 1.2$  为无压流

$K_{2m} > H/a \geq 1.2$  为半有压流

$H/a \geq K_{2m}$  为有压流

$$K_{2m} = 1 + \frac{1}{2} \left( 1 + \sum \xi + \frac{2gl}{C^2 R} \right) \frac{V^2}{ga} - i \frac{l}{a} \quad (\text{公式 5.4-1})$$

式中： $\sum \xi$ ——为自进口上游渐变流断面到隧洞出口断面间的局部能量损失系数之

和;

$C$ ——为舍齐系数;

$l$ ——为洞长;

$R$ ——为满流时的水力半径;

$i$ ——为隧洞底坡;

$a$ ——为洞高;

$\frac{V^2}{ga}$ ——出口断面佛汝德数的平方, 当出口断面周边为大气时, 由试验得  $\frac{V^2}{ga} =$

1.62; 当出口断面下游有底板时, 认为界限状态下的出口断面水深为临界水深  $h_k$ , 即  $a$

$=h_k$ , 则有  $\frac{V^2}{ga} = 1$ 。

b) 对  $i > i_k$  的陡坡隧洞

$H/a < 1.2$  为无压流

$1.2 \leq H/a < 1.5$  为半有压流

$H/a \geq 1.5$  为有压流

2) 无压隧洞泄流能力计算

a) 长、短洞判别

①当底坡为缓坡而趋于平坡, 长短洞的界限长度为  $l_k = (5 \sim 12)H$ , 当洞长  $l > l_k$  为长洞;  $l < l_k$  为短洞。

②当底坡接近临界底坡  $i_k$  时,  $l_k = 1.3(5 \sim 12)H$ 。

③当底坡为陡坡( $i > i_k$ ), 泄流能力不受洞长影响, 按短洞工作考虑。

b) 短洞泄流计算

短洞泄流能力不受洞长影响, 进口水流为宽顶堰流, 按宽顶堰流公式计算泄流量。

$$Q = m\sigma_s b \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (\text{公式 5.4-2})$$

式中:  $b$ ——为矩形隧洞过水断面的宽度, 当过水断面为非矩形时,  $b = \omega_k / h_k$ ;

$h_k$ ——为临界水深;  $\omega_k$ ——为相应于  $h_k$  时的过水断面面积;

$\sigma_s$ ——为淹没系数, 当下游水位较高, 已淹没进口的收缩断面, 使该处的水深  $h'_c >$



0.75H<sub>0</sub>时,为淹没出流,σ<sub>s</sub>值与比值h'<sub>c</sub>/H<sub>0</sub>有关,当h'<sub>c</sub><0.75H<sub>0</sub>时,为自由出流,σ<sub>s</sub>=1,当淹没时,h'<sub>c</sub>可近似的以下游水位减去进口底板高程而得;

h'<sub>c</sub>——为进口断面处的水深;

H<sub>0</sub>——为以隧洞进口断面底板高程起算的上游总水头;

m——为流量系数,决定进口翼墙的类型、上游水库或渠道的过水断面面积与隧洞过水断面面积之比,一般取m=0.32~0.36,若进口翼墙较平顺,断面缩窄较小,应取较大的m值,反之应取较小的m值。

### c) 长洞泄流计算

对于长洞,一般需要由下游向上游推算水面曲线,以求得进口断面处的水深h'<sub>c</sub>,以h'<sub>c</sub>/H<sub>0</sub>在有关图表查出σ<sub>s</sub>,再用(公式5.4-2)解算。

### 3) 有压隧洞泄流能力计算

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(T_0 - h_p)} \quad (\text{公式 5.4-3})$$

式中:μ——为流量系数,按下式计算:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i \left(\frac{\omega}{\omega_i}\right)^2 + \sum \frac{2gl_i}{C_i^2 R_i} \left(\frac{\omega}{\omega_i}\right)^2}} \quad (\text{公式 5.4-4})$$

式中:ω——为隧洞出口断面面积;

ξ<sub>i</sub>——为某一局部能量损失系数,与之相应的流速所在的断面为ω<sub>i</sub>(指根号内第二项中的ω<sub>i</sub>);

l<sub>i</sub>——为隧洞某一段的长度,与之相应的断面面积、水力半径和舍齐系数分别为ω<sub>i</sub>(指根号内第三项中的ω<sub>i</sub>)、R<sub>i</sub>、C<sub>i</sub>;

T<sub>0</sub>——为上游水面与隧洞出口底板高程差T及上游行近流速水头 $\frac{v_0^2}{2g}$ 之和,一般可

认为T<sub>0</sub>≈T;

h<sub>p</sub>——为隧洞出口断面水流的平均单位势能,  $h_p = 0.5a + \frac{p}{r}$ ; 当淹没出流时, h<sub>p</sub>等

于下游水深h<sub>s</sub>

$a$ ——为出口断面洞高；

$\frac{\bar{p}}{r}$ ——为出口断面平均单位压能，当自由出流时， $\frac{\bar{p}}{r}$ 一般小于  $0.5a$ 。

#### 4) 半有压隧洞泄流能力计算

通过计算出的有压流和无压流进行差值计算。

## 5.6 截流水力学计算

截流水力学计算可以归结为：泄水建筑物、龙口、戽堤渗透量和河床的调洪流量计算（在前期工程设计中一般不计上游河床调洪流量而作为安全储备）。下面重点介绍前三种流量的计算方法。

1. 泄水建筑物的泄流计算：原理见前述。

2. 龙口泄流量

龙口泄流量按宽顶堰公式计算：

$$Q = \sigma_c \cdot \sigma_s \cdot m \cdot b \sqrt{2g} \cdot H_0^{1.5}$$

式中： $m$ ……流量系数，梯型龙口时取为 0.35；三角型龙口取为 0.385；

$\sigma_s$ ……淹没系数，梯型龙口时淹没判别为： $H_s/H_0 < 0.7$ ，自由出流；

三角型龙口时淹没判别为： $H_s/H_0 < 0.8$ ，自由出流；

3. 戽堤渗透流量

戽堤渗透流量参照《水利水电施工组织设计与系统分析》P52 介绍的方法进行计算。

公式如下：

$$Q_s = Q_{s\max} \cdot \frac{(\bar{B}_{os} - \bar{B}) \cdot H}{B_{os} \cdot H_{s\max}} \cdot \sqrt{\frac{Z}{Z_{s\max}}}$$

式中： $Q_{s\max}$ ……最大渗透流量，按  $Q_r \times 5\%$  计算， $Q_r$  为截流设计流量；

$B_{os}$ ……龙口起始平均宽度；

$B$ ……截流过程中的龙口平均宽度；

$H_{s\max}$ ……龙口合龙但未闭气时的上游水头；

$Z_{s\max}$ ……龙口合龙但未闭气时的绝对落差；

$H$ ……截流过程中的上游水头；

$Z$ ……截流过程中的上下游水位差（绝对落差）；

#### 4. 截流龙口水力参数

单宽流量  $q$ ：

$$q = Q_g / B \quad (B \cdots \text{龙口平均过水宽度}, Q_g \cdots \text{龙口泄流量})$$

绝对落差  $Z$ ：

$$Z = Z_s - Z_x \quad Z_s, Z_x \text{ 分别为上下游水位}$$

单宽功率  $N$ ：  $N = \gamma q z$

$$\text{龙口平均流速 } \bar{v} : \bar{v} = \frac{Q_g}{B \cdot (H - Z_B)}$$

式中： $H - Z_B$ ……戽堤轴线处收缩水深。根据《水利水电施工组织设计手册》（第1卷）介绍，龙口收缩水深按第一种方法计算，即：自由出流时， $h_c = h_k$ ；淹没出流时， $h_c = h_s$ ， $h_s$ 为龙口下游水深。

## 6 参考资料

### 6.1 技术规范、规定

- (1) 《水利水电工程施工组织设计规范》(SL303-2004)(试行);
- (2) 《水文与水利计算复核——小型水库管理丛书》，水利部水利管理司 编著，中国水利水电出版社；
- (3) 《水利工程造价电算编制》，马兵 黄元 编著，黄河水利出版社；
- (4) 《水利工程水利计算规范（SL104-95）》，中华人民共和国水利部 编，内蒙古大学出版社；
- (6) ISO9001 系列标准。

### 6.2 水力计算

- (1) 《水力学》，武汉水利电力大学，1986 年；
- (2) 《水力计算手册》，武汉水利电力大学，1986 年；
- (3) 《施工导流实用水力计算及抛石截流》，刘元岐，张文倬，云南科技出版社，1993 年；
- (4) 《闸坝工程水力学与设计管理》，毛昶熙等编，水利电力出版社，1995 年；
- (5) 《水利水电工程施工组织设计手册（第 I 卷）》，水利电力出版社，1994 年；
- (6) 《水力计算图表》，希田 编著，中国建筑工业出版社；
- (7) 《水利水电工程经验与案例分析》，马吉明 编著，中国水利水电出版社；
- (8) 《隧洞——取水输水建筑物丛书》，熊启钧 编著，水利水电出版社；
- (9) 《灌区建筑物的水力计算与结构计算》，熊启钧 编著，水利水电出版社。

### 6.3 程序开发

- (1) 《Visual C++CAD 应用程序开发》，王清辉，王彪 编著，机械工业出版社；
- (2) 《软件开发流程实训教程》，杜文洁，景秀丽 主编，水利水电出版社；
- (3) 《工程数学·算法语言、计算方法》，华中理工大学，高等教育出版社，1978 年；
- (4) 《XML 应用教程（第 2 版）》，吴洁编著，清华大学出版社；

- (5) 《Visual Basic2005 从入门到精通》，章立民研究室 编著，机械工业出版社；
- (6) 《代码大全（第二版）》，（美）迈克康奈尔（McConnell, S.） 著，金戈 等译，电子工业出版社；
- (7) 《Visual BASIC 计算机绘图实用技术》，谢步瀛，龚沛曾 编著，电子工业出版社；
- (8) 《Visual Basic 2005 编程技巧大全》，罗斌 等编著，水利水电出版社；
- (9) 《Excel 专业开发》，（美）布伦（Bullen,S.），（美）博维（Bovey,R.），（美）格林（Green,J.） 著，杜茂康，王永，李昌兵 等译，电子工业出版社；
- (10) 《Visual BASIC 计算机绘图实用技术》，谢步瀛，龚沛曾 编著，电子工业出版社
- (11) 《.NET 技术大系：GDI+图形程序设计》，（美）昌德（Chand,M.） 著，韩江等译，电子工业出版社
- (12) 《微软.NET 程序的加密与解密》，单海波，王坤峰，李晓峰 编著，电子工业出版社。