

# U 形渠道抛物线形量水槽设计多媒体件软件的研制

马孝义, 朱晓群, 王文娥, 殷彦平  
(西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:** U 型渠道抛物线形量水槽的设计过程复杂, 采用手工计算繁琐。采用 Visual Basic 编程, 研制开发了 U 型渠道抛物线形量水槽多媒体设计软件, 使用方便灵活, 可根据用户需要对量水槽设计进行优化, 极大地简化了量水槽多媒体设计过程, 能用于各种标准、非标准 U 形渠道无喉道平底抛物线形量水槽设计。

**关键词:** 抛物线; 量水槽; 辅助设计; 多媒体件软件

中国分类号: S 274; T P37      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2002)02-0078-04

## Development of Multimedia Software for Design of Parabolic Thin-plate Weir for U-shaped Channel Flow Measurement

MA Xiao-yi, ZHU Xiao-qun, WANG Wen-e, YIN Yan-ping  
(College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** Designing the parabolic thin-plate weir for U-shaped channel flow measurement is complicated and tedious. For this reason, by using visual basic, the multimedia software for designing parabolic thin-plate weir for U-shaped channel flow measurement is developed. It is can be easily used to design all kinds of standard and nonstandard parabolic thin-plate weir for U-shaped channel flow measurement.

**Key words:** parabolic thin-plate; flow measurement weir; aid-design; multimedia software

### 1 引 言

U 型渠道抛物线形量水槽具有与 U 型渠道衔接好、水流平顺, 结构简单, 量水精度高、壅水高度小, 过泥沙能力强, 施工简易, 造价低等特点, 是一种适合于多泥沙 U 型渠道的量水槽。对标准 U 形渠道, 可采用已研制的标准量水槽系列化设计表, 而对现有的大量非标准 U 型渠道, 其量水槽的设计需要考虑渠道尺寸参数、比降、允许壅水高度及临界淹没度等, 还需要反复的试算才能确定量水槽参数, 计算过程相对比较复杂, 基层技术干部和群众掌握有一定困难, 影响其在实际工程中应用。为此我们在

Window 98 环境下采用 Visual Basic 编程, 研制开发了 U 型渠道抛物线形量水槽多媒体设计软件, 用于各种标准、非标准 U 形渠道无喉道平底抛物线形量水槽设计。

### 2 量水槽量水原理及设计参数确定

#### 2.1 U 形渠道的结构

U 形渠道断面接近于水力最优断面, 具有防渗效果好、整体性好、坚固耐用、抗冻胀性能好、输水能力大、挟沙能力强、渠口窄、节地省料的优点, 是一种优良的输配水衬砌渠道。其结构如图 1, 图 2:

<sup>1</sup> 收稿日期: 2001-09-25  
基金项目: 国家重大科技产业示范工程项目“渠灌类型区农业高效用水模式与产业化示范(1999- 21- 01- 02)”; 国家自然科学基金项目(49870140)。  
作者简介: 马孝义, 男, (1965- ), 陕西凤翔人, 教授, 博士, 主要从事农业水土工程方面的研究。

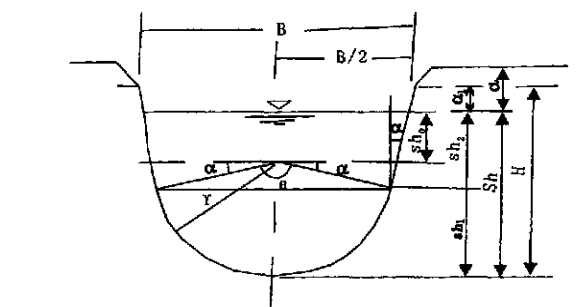


图 1 U 形渠道的结构

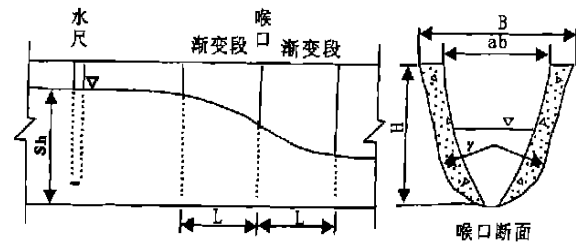


图 2 平底抛物线形量水槽的结构

U 形渠道上部为一垂直或向外倾斜的直线段,下部为半圆形结构,外倾角一般在  $0 \sim 20^\circ$  之间,渠道的深宽比  $H/B$  变化较大,一般大型渠道在  $0.65 \sim 0.8$  之间,而小型渠道在 1 左右。U 形渠道的衬砌超高  $a_1$  和渠堤超高  $a$  随渠道大小和流量而变,对一般中小型渠道为:  $a_1$  为  $0.1 \sim 0.2\text{ m}$ ,  $a$  为  $0.2 \sim 0.4\text{ m}$ 。U 形渠道的过水断面面积  $A$  及渠口宽  $B$  如式(1)、(2):

$$A = \frac{r^2}{2} \left[ \pi \left( 1 - \frac{\alpha}{90} \right) - \sin 2\alpha \right] + (H - T) [ 2r \cos \alpha + (H - T) \operatorname{tg} \alpha ]$$

(1)

$$B = 2r \cos \alpha + [ H - r ( 1 - \sin \alpha ) ] \operatorname{tg} \alpha$$

(2)

式中各项的含义见图 1,  $T$  值按式(3) 计算:

$$T = r ( 1 - \sin \alpha )$$

(3)

2.2 U 形渠道抛物线形量水槽的结构与量水原理

U 形渠道抛物线形量水槽是一种临界水深槽,它是在 U 形渠道上安装一个与 U 形渠底相平的抛物线形薄壁堰板(称为喉口),其面积比 U 形渠道断面小。在喉口上、下游增加进、出口渐变段,成为无量段量水槽。其结构如图 2 所示:

喉口抛物线的方程为:

$$y = P x^2$$

(4)

式中:  $y$ 、 $x$  —— 纵横坐标(m);  $P$  —— 抛物线的形状系数( $1/\text{m}$ ) 其值为:

$$P = \frac{16 H^3}{9 \epsilon^2 A^2}$$

(5)

$$\epsilon = A_p / A$$

(6)

式中:  $\epsilon$  —— 量水槽喉口断面收缩比;  $A_p$  —— 抛物线形喉口断面面积,  $\text{m}^2$ ;  $A_1$  —— U 形渠道衬砌断面面积,  $\text{m}^2$ ;  $H$  —— U 形渠道衬砌高度,  $\text{m}$ 。

$$A_p = \frac{4}{3} H \frac{\overline{H}}{P}$$

(7)

式中:  $r$  —— 内底弧半径,  $\text{m}$ ;  $\alpha$  —— 直线段外倾角, 度( $^\circ$ );  $T$  —— 圆弧段弓高,  $\text{m}$ 。抛物线喉口断面顶宽( $\text{m}$ );

$$b = \frac{\overline{H}}{P}$$

(8)

量水槽喉口上、下游渐变段长度  $\text{m}$

$$L_1 = L_2 = 3 ( B_1 - b )$$

(9)

水尺距喉口断面距离( $\text{m}$ )

$$L = ( 1 \sim 2 ) h + L_1$$

(10)

2.3 量水槽的量水原理及流量计算公式

量水槽量水的原理是在水流由于受量水槽侧向收缩作用,在喉口附近发生临界流,过量水槽的流量不受下游水深的影响,只与上游水深有关,量水时,只要测得上游水深,便可求出通过量水槽的流量。这种量水槽的技术关键在于确定合理的抛物线形喉口断面,以保证在喉口附近发生临界流并具有统一的测流公式。考虑喉口控制断面动水压力分布特征并根据收缩比的概念,推导出的流量公式为:

$$Q = C_d C_v h^2 / \overline{P}$$

(11)

式中:  $P$  —— 喉口抛物线的形状系数;  $C_d$  —— 流量系数;  $C_v$  —— 流速系数;  $h$  —— 水尺处水深。

$$C_d = 1.96 P^{0.011} \epsilon^{-0.13}$$

(12)

$$C_v = \left( 1 + \frac{1 + a_0 C_d^2 C_v^2 h^3}{2 g P A^2} \right)^2$$

(13)

$\alpha_0$  为行进渠道动能修正系数,一般取 1.08; 由以上公式通过迭代求得流量  $Q$ 。

2.4 量水槽设计参数的确定

(1) 量水槽设计参数。量水槽设计时必须首先取得渠道的特征参数,它包括 U 形渠道底弧半径  $r$ ,侧壁直线段外倾角  $\alpha$  或底弧圆心角  $\theta$ ,渠道糙率  $n$  和底坡  $I$ 。并根据上述参数及允许壅水高度  $h_{\text{允壅}}$ ,确定喉口断面大小的收缩比  $\epsilon$ 、喉口断面抛物线方程的形状系数  $P$ 、上、下游渐变段长度  $L$  等量水槽的结构参数。

(2) 断面收缩比的确定。而在上述参数中,量水槽的断面收缩比是确定量水槽的关键参数,只要确定了其值,其它参数均可由其值和渠道参数确定。同时它对正确设计量水槽关系很大,收缩比过大,即量水槽的面积与渠道面积的过大,则易出现淹没流,槽

前水流不平顺,无法测流,但收缩比过小,则易壅水高度过大,超出渠道的允许壅水高度,影响上游渠道行水安全。设计的量水槽必须反复核算,使其满足以下三项基本条件:

$$Fr \geq 0.5 \quad (14)$$

$$S \leq 0.88 \quad (15)$$

$$h_{\text{壅}} \leq h_{\text{允壅}} \quad (16)$$

在满足上述条件时,量水槽的收缩比取值还影响着量水槽的壅水高度、工程量乃至量水精度等,收缩比大,则壅水高度小,工程量小,而量水精度会有所降低,但量水精度降低不多;反之则相反。因此在量水槽设计时必须慎重选择断面收缩比。

量水槽的断面收缩比的确定方法为:首先是根据渠道尺寸、底坡和糙率计算渠道设计流量、最小流量、设计水深、最小水深。并在量水槽断面收缩比  $\epsilon = 0.3 \sim 0.75$  的范围内,计算抛物线形状系数  $P$ ,并由此推算槽前水深和淹没度  $S$ ,槽前渠槽的弗洛德系数  $Fr$  及壅水高度  $h_{\text{壅}}$ 。并在满足式(14)、(15)、(16)所示条件下,以最大的量水槽收缩比作为设计量水槽断面收缩比。同时软件中将给出对应渠道特征条件允许收缩比范围内不同断面收缩比下的壅水高度、工程量、正常的施工及水位测量造成的量水误差范围内的量水精度,供用户选择,以达到对量水槽进行优化设计的目的。

(3) 允许壅水高度的确定。通过分析可以看出:允许壅水高度影响着断面收缩比的取值,进而影响量水槽的各项参数。允许壅水高度过大,需要加高渠道衬砌高度,同时还经常干扰上游渠道行水乃至渠道进水;而允许壅水高度过小,又经常无法找到一个断面收缩比使其设计的量水槽同时满足式(14)、(15)、(16)所示条件,设计出量水槽,因此在量水槽设计时必须慎重选择。在正常情况,一般在修建量水槽后,应使槽前水深小于渠道的衬砌渠深,即允许壅水高度应为渠道的衬砌超高,这样可不加高上游渠道衬砌。但对有些底坡较陡或较缓的渠道。按此标准无法找到一个适宜的量水槽断面收缩比,这时就应适当加大允许壅水高度,加高上游渠道衬砌,但总体上应不超过衬砌渠道的土堤超高的  $1/2$ ,以保证渠道行水安全,不增加渠道土方量,此时渠道的允许壅水高度应为:

$$h_{\text{允壅}} = a_1 + 0.5a \quad (17)$$

对有些底坡过陡或过缓的渠道,即使加大允许壅水高度也无法满足式(14)、(15)、(16)所示的条件,此时抛物线形量水槽则难以使用,应选用其它量水装置。

(4) 量水槽其它参数的确定。在确定量水槽的断面收缩比后,可根据公式(2)、(5)至(10)确定量水槽的其它参数:喉口断面抛物线方程、抛物线形状系数、渐变段长度、渠口宽度和喉口断面顶宽、水头测量断面(水尺)距喉口距离,并以为基础确定设计好的量水槽的工程量、壅水高度,绘制量水槽结构图。

(5) 量水槽的水深-流量关系计算。对已设计的抛物线形量水槽,可据式(11)(12)计算量水槽的水深-流量关系,供量水过程使用。

### 3 软件的总体设计及编制

U型渠道抛物线形量水槽的设计过程相当复杂,涉及参数多,并包含试算过程,手工计算相当繁琐,应采用计算机程序进行设计。目前流行的多媒体编程软件很多,如VB、VC、AUTHORWARE等,考虑到与已有研究成果的衔接,使原有的资源得到充分利用,选用了VB作为开发程序语言。它是近年来出现的一种全新的设计软件方法,采用面向对象和事件的程序设计方法,以“对象”作为系统中的基本运行实体,具有设计思想先进、快速易掌握及控制媒体对象手段灵活多样等特点,受到了多媒体软件开发人员的关注,是多媒体应用程序开发的理想工具。

#### 3.1 总体设计

在上文理论分析的基础上,运用VB 6.0对U形渠道抛物线形量水槽多媒体软件进行设计和编程,软件具体组成部分为6大模块:

(1) 量水技术概述,系统介绍U形渠道抛物线形量水槽的优点适用条件。

(2) 抛物线形量水槽的结构与构造,主要介绍U型渠道抛物线量水槽的结构参数、测流原理。

(3) 抛物线形量水槽的设计,主要是据渠道特征参数确定量水槽断面收缩比,并计算各项量水槽的特征参数、抛物线方程,并打印成图表。

(4) 抛物线形量水槽的量水计算,包括检测方法、流量计算及工程计算,确定设计好的量水槽水深-流量查算表。

(5) 抛物线形量水槽施工,主要介绍U型渠道平底抛物线形量水槽的施工方法、要点、难点。

(6) 量水技术的未来发展。总程序框图见图3。

本软件采用模块化设计,各部分相互独立,6大模块各窗体都设有命令按钮,窗体之间切换通过命令按钮来实现,使软件的进一步扩充和升级更方便。采用事件驱动的编程方式,使程序的运行更加稳定、快捷;采用主体与菜单分级制,加强了人机对话功能。

3.2 典型软件模块的编程

本软件采用了多文档窗体设计,为了使系统的数据输入输出简明且易操作,量水槽多媒体辅助设计软件采用不同窗体来完成基本的输入输出工作。由于 Visual Basic 编译出来的执行文件并非是真正意义上的执行文件,运行时要靠 VBRUN400. DLL

解释,执行效率低,各窗口之间切换较慢,因此为系统加入了一个封面窗体,在启动时将其它窗体全部装入内存,同时强制封面窗体刷新和显示,这既有 Windows 应用程序设计风格,又起到美化软件的作用。

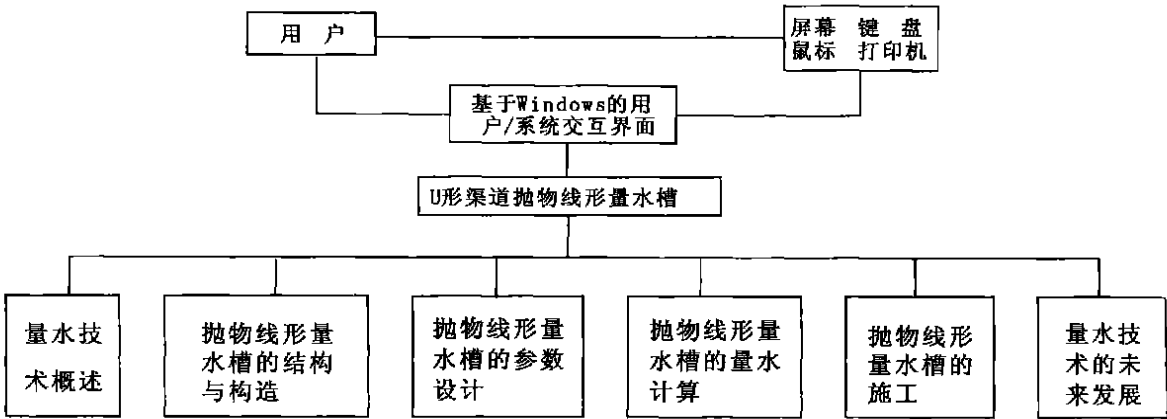


图 3 U 形渠道抛物线形量水槽多媒体软件总程序框图

VB 是采用事件驱动编写机制的语言。传统编程使用的是面向过程、按顺序进行的机制,这种编程方式的缺点是写程序的人总是要关心什么时候发生什么事情。而在事件驱动编程中,程序员只要编写响应用户动作的程序,如选择命令、移动鼠标等,而不必考虑按精确次序执行的每个步骤。当事件由用户触发、或由系统触发,对象就会对该事件作出响应。以主菜单程序为例,主菜单程序通过 7 个 label 按钮和 18 个下拉式菜单进行软件的窗体之间的相互转换连接,与其它窗体之间的相互转换连接是通过用鼠标点击命令按钮来完成的。

3.3 用户的界面的设计

量水槽多媒体软件是参照 Windows 应用界面进行了系统交互式用户界面设计,并力求在合理确定屏幕布局、显示内容、符号选用、颜色,达到美观、方便、实用的目标。

3.4 多媒体软件的安装

U 形渠道抛物线形量水槽多媒体软件利用 VB 的 Application Setup Wizzard 工具制作了安装盘,安装过程与 Windows 中标准应用软件(如 Word、Excel 等)的安装类似,最后生成一个“U 形渠道抛

物线形量水槽”程序组及其图标。

4 结 论

U 型渠道抛物线形量水槽是一种适合于多泥沙 U 型渠道的量水槽,而其量水槽的设计需要考虑渠道尺寸参数、比降、允许壅水高度及临界淹没度等因素,并需要反复的试算才能确定量水槽参数,计算过程相对比较复杂,研制了 U 型渠道抛物线形量水槽辅助体设计软件,极大地简化了 U 形渠道无喉道平底抛物线形量水槽设计,对推广 U 形渠道无喉道平底抛物线形量水槽具有重要意义。

本文采用 Visual Basic 编程,面向对象和事件的程序设计,研制开发了 U 型渠道抛物线形量水槽多媒体设计软件,在输入渠道尺寸参数、比降、允许壅水高度等条件参数后,可迅速计算出各种 U 型渠道量水槽的特征参数、水深、流量查算表、抛物线方程,并打印成图表,可用于各种标准、非标准 U 形渠道无喉道平底抛物线形量水槽设计。它具有使用方便,可根据用户需要对量水槽设计进行优化,界面友好,基层技术干部和群众很容易掌握,适合在实际工程中应用。

参考文献:

[1] 王智,朱凤书,刘晓明.平底抛物线形无喉段量水槽的试验研究[J].水利学报,1994(7):12-23.  
[2] 陕西省水利厅,陕西省质量技术监督局.陕西省地方标准,U形渠道量水槽[S],2000.  
[3] 吕宏兴,朱凤书,马孝义.U形渠道平底抛物线形喉口式量水槽流量公式的改进[J].灌溉排水,1999(3):30-34.