

U 形渠道量水槽的性能分析与筛选研究

马孝义, 王文娥, 吕宏兴, 于国丰, 徐秋宁

(西北农林科技大学)

摘 要: U 形渠道抛物线形喉口式量水槽、直壁式量水槽、长喉道圆底形量水槽具有与 U 形渠道自然衔接, 无底坎, 不淤堵的优点, 适合在多泥沙 U 形渠道中应用, 该文采用模拟方法, 系统分析了这 3 种量水槽在不同尺寸、底坡和糙率条件下的 U 形渠道的适应性、壅水高度、工程量及其量水精度等技术指标, 结果表明: 抛物线形喉口式量水槽的适用面广、工程量小、壅水高度较低, 量水精度与其它两种量水槽的量水精度相当, 能满足灌溉测流要求。因此, 在多泥沙 U 形渠道测流时应优先选择抛物线形喉口式量水槽。

关键词: U 形渠道; 量水槽; 适应性; 对比研究

中图分类号: TV 698

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0420044206

节水农业的发展和水利制度的改革, 迫切需要结构简单、精度高的渠道流量测量装置。由于 U 形渠道已成为灌区中小型渠道主流衬砌方式, 研究与其配套的测流设施已成为一个重要问题。目前灌排渠道主要有流速法测流、分流式测流、量水堰、量水孔、量水槽、自计量水仪器等 6 类量水方法。流速法计算繁琐、费时, 难以满足生产中量水要求; 分流式测流虽结构较为简单, 测流直观, 壅水高度较小, 但水表易淤积, 不宜于多泥沙渠道测流应用; 各种量水堰要抬高底坎, 易淤积; 量水孔测流时则要求有压出流, 且由于孔口较小, 易引起泥沙、浮冰、杂草等堵塞; 各种量水仪器设备, 技术较为复杂、价格昂贵, 在田间不便保护; 而各种量水槽是通过缩窄断面使其产生临界流来测流的, 它们无底坎, 壅水高度小, 不易淤积, 适合多泥沙渠道应用。

在利用量水槽的研究应用方面, 目前在梯形和矩形渠道已广泛应用巴歇尔量水槽、矩形喉口式量水槽, 但它们用于 U 形渠道时, 需在测流槽的上、下游另加一段很长的梯形或矩形渠道, 使水流与 U 形渠道平稳过渡, 极大地增加了工程量。为此, 我国学者提出了 U 形渠道抛物线形喉口式、直壁式、长喉道^[2~4]等多种量水槽, 它们具有与 U 形渠道自然衔接, 无底坎, 不淤堵的优点, 适合在多泥沙 U 形渠道应用, 并已制定了相应技术标准^[4]。但是过去对上述量水槽的研究大多都是对个别渠道的实验室或田间测流性能的分析, 缺乏对不同种类的量水槽的适应

性、测流精度和工程量、施工难度进行系统性综合比较, 本文通过对不同尺寸、渠道底坡和糙率等条件下 3 种量水槽的上述性能进行系统分析, 探讨多泥沙地区 U 形渠道的最佳量水形式。

1 U 形渠道和量水槽结构及设计参数确定

1.1 U 形渠道的结构、设计流量和最小流量

U 形渠的过水断面见图 1。其上部为一垂直或外倾斜的直线段, 下部为半圆形^[5], 外倾角一般在 $0^\circ \sim 20^\circ$ 之间变化。对中小型渠道深宽比 H/B 为 1 左右, 衬砌超高 a_1 和渠堤超高 a 分别在 $0.1 \sim 0.2$ m、 $0.2 \sim 0.4$ m 之间变化。据在陕西省关中灌区调查, 我国北方地区斗分渠一般可用 H40D30、H50D40、H60D60、H70D70、H80D80 型 U 形渠, 对应的衬砌超高 a_1 分别为 10、10、15、20、20 cm, 其中 H40D30 表示 U 形渠深度和下半圆直径分别为 40、30 cm, 其它渠道依次类推, 各地土质等条件不同, 一般可选择 $0^\circ, 8^\circ, 15^\circ$ 三种外倾角。U 形渠的过水断面积 A 可用式(1)计算:

$$\begin{cases} A = \frac{r^2}{2} \left(\frac{PH}{180} - \sin H \right) + Sh \left(2r1 \sin \frac{H}{2} + Sh1 \operatorname{ctg} \frac{H}{2} \right) \\ h > T \\ A = \frac{r^2}{2} \left(\frac{PB}{180} - \sin B \right) & h < T \end{cases} \quad (1)$$

$$B = 21 \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right)$$

式中各项的含义见图 1, T 为 U 形渠道底弧弓高, 其值按式(2)计算:

$$T = r(1 - \cos \frac{H}{2}) \quad (2)$$

收稿日期: 2002201203

基金项目: 国家自然科学基金项目(49871040); 国家科技产业示范工程项目(992021201202)

作者简介: 马孝义(1965-), 男, 教授, 博士, 主要从事农业水利工程方面的研究。陕西杨凌 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 712100

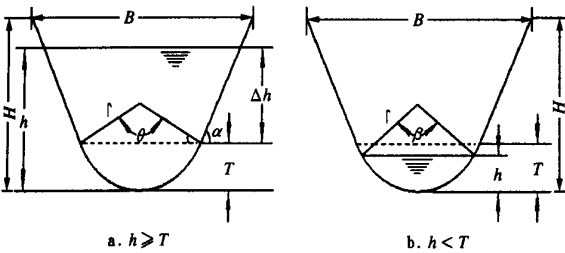


图 1 水深 $h \geq T$ 与 $h < T$ 时 U 形渠道过水断面

Fig 1 The cross sections of U 2shaped channel with $h \geq T$ and $h < T$

U 形渠的设计流量 $Q_{\text{设}}$ 为设计水位 $h_{\text{设}}$ 时的渠道流量, 可按式 (3) 计算, 设计水位为渠道衬砌高度 H 减去衬砌超高 a_1 , 即 $h_{\text{设}} = H - a_1$, 考虑到渠道灌水方式变化, 最小流量定为 $0.3Q_{\text{设}}$.

$$Q_{\text{设}} = \frac{1}{n} A R^{2/3} \sqrt{i} \tag{3}$$

$$Q_{\text{最小}} = 0.3Q_{\text{设}} \tag{4}$$

式中 A 、 R ——设计水位 $h_{\text{设}}$ 时渠道过水断面面积和水力半径; i ——渠道底坡; n ——渠道糙率, 随施工方法和养护水平而变化, 对修建和养护良好的 U 形渠, 其值在 $0.012 \sim 0.015$ 之间。

1.2 3 种 U 形渠道量水槽的结构与设计参数

3 种量水槽均在 U 形渠道上安装一个与渠底齐平的收缩断面, 在喉口上、下游增加进、出口渐变段, 其结构参数及相互关系如图 2 和表 1 所示。其量水原理是利用合理的收缩断面, 在水流受量水槽侧向

收缩作用下, 在喉口附近发生临界流, 通过量水槽的流量不受下游水深的影响, 只与上游水深有关。只要测得上游水深, 便可求出通过量水槽的流量。其流量公式见表 1。

2 3 种量水槽适应性研究

应用量水槽时应满足以下 3 个条件, 才能保证正常测流的基本要求: 1) 在通过最小流量和设计流量之间的任何流量时量水槽不出现淹没出流, 即 $h_2/h_1 < S_{\text{临}}$; 2) 槽前水流的佛氏数 $Fr < 0.5$, 以保证槽前水流平顺; 3) 量水槽的壅水高度小于渠道允许壅水高度等。

在一般条件下, 允许壅水高度可为渠道的衬砌超高, 这样可不加高渠道衬砌, 不增加额外的工程量。按上述 3 个条件, 在 3 种量水槽各自给定的收缩比范围内 (见表 1), 对不同尺寸、底坡和糙率下 3 种量水槽适应性进行计算机模拟, 见表 2, 可以看出, 在不加高渠道衬砌的条件下, 各种量水槽适用范围都有一定限制, 抛物线形量水槽的适应性显著优于其它 2 种量水槽。

灌区中存在着大量的大比降 (底坡大于 $1:300$) 和小比降 (底坡小于 $1:3000$) U 形渠道, 要解决此类渠道的量水问题, 均需加高渠道衬砌高度, 但加高衬砌高度不能超过渠槽土堤部分的安全超高 (一般在 $0.1 \sim 0.20 \text{ m}$ 之间), 否则将需增加土方工程量。且加高渠槽衬砌高度应较小, 以免大幅度增加衬砌工

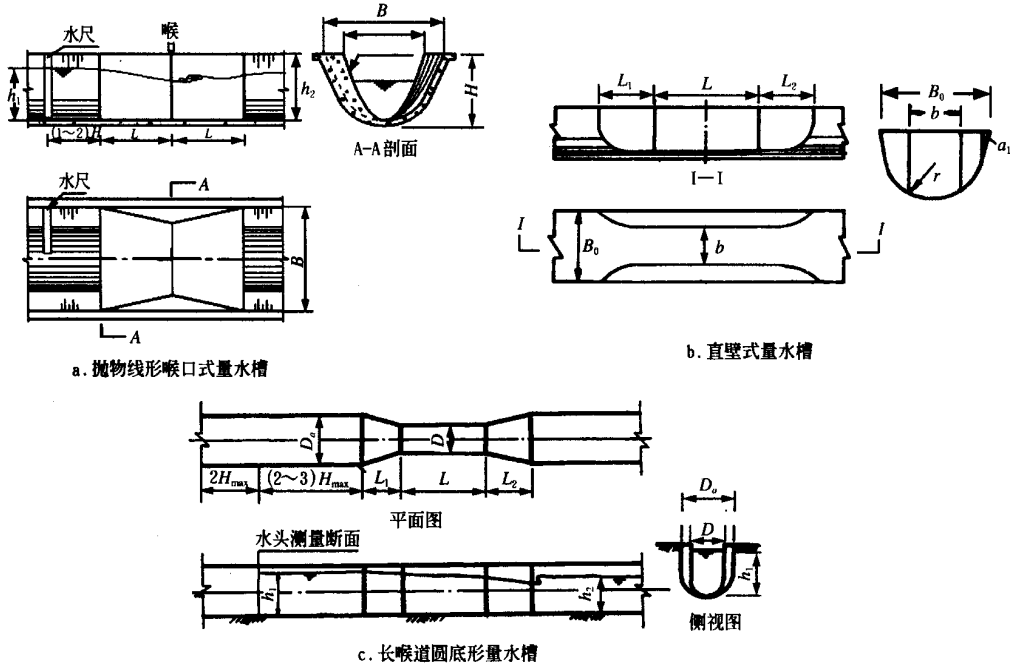


图 2 3 种量水槽的结构示意图

Fig 1 The structures of the three types of U 2shaped channel flow measurement flumes

表 1 3 种量水槽的结构参数及流量计算公式
Table 1 The structure parameters and flow rate equations of the three types of U 2shaped channel flow measurement flumes

项 目	抛物线形喉口式量水槽	直壁式量水槽	园底形量水槽
结构参数	$E = A_P \delta A_0 = 0.3 \sim 0.75$	$E = b \delta B_0 = 0.5 \sim 0.65; b < 0.1 \text{ m}$	$E = b \delta D = 0.571 \sim 0.763$
	$P = 16h^3 \delta (9E A^2)$	$L = 1.25B_0 \quad L_1 = L_2 = 0.7B_0$	$b < 0.1 \text{ m}; L = 2h_{i\text{设}}$
	$L_1 = L_2 = 3(B - b)$	$\frac{x^2}{(0.7B_0)^2} + \frac{y^2}{[(B_0 - b)\delta]^2} = 1$	$L_1 = 1.5(D - b) \quad L_2 = 3(D - b)$
流量公式	$Q = \frac{C_d C_v h_1^3}{\sqrt{P}} C_d = \frac{0.6261 \sqrt{g} P^{0.011}}{E^{1/13}}$	$Q = 0.261D^2 \sqrt{2gb} (0.516h_1 \delta r + 0.0187)^{1.5476}$	$Q = m b \sqrt{2g h_1^{3\delta^2}}$
	$C_v = (1 + \frac{1.08 C_d^2 C_v^2 h_1^3}{2g P A^2})^2$		$m = 0.1889 + 0.2385E$
			$(\frac{h_1}{D})^{0.431E - 0.0589}$
$S_{\text{临}}$	0.88	0.83	$S_{\text{临}} = 0.7157 + 0.002A + 0.155E$
Fr	< 0.5	< 0.5	< 0.5

注: 表中各项含义见图 2, 其中 E 为收缩比, 在 3 种量水槽中有不同的定义, 最大允许取值范围见本表, D、R、A₀ 分别为 U 形渠道直径、半径和衬砌断面面积, B₀ 为渠深与直径之比为 0.82 渠深处的宽度, A_P 为抛物喉口的断面面积, S_临 为临界淹没度, 其值为不出现淹没时量水槽下游渠道水深与其上游水深的最大比值, S_临 = h₂δh₁, 对直壁式量水槽计算时, h₁ 要用计入上游流速水头上游水尺总水头替换, Fr 为量水槽上游渠道水流的弗洛德数, Fr = Qδ(A√gAδV), A 为设计流量时渠道过水断面面积, W 为水面宽度。

表 2 不同渠道条件下 3 种量水槽的适应性
Table 2 The applicability of the three types of U 2shaped channel flow measurement flumes at different size U 2shaped channels

渠道外倾角			0 °												8 °												15 °											
渠道底坡 ³			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
糙率 0.012	直 壁 式	H40D30			3	+	+	+	+								3	3	+	+	+									3	+	+	+					
		H50D40			3	3	+	+	+									3	3	3	+	+	+							3	3	3	+	+				
		H60D60			3	3	+	+	+									3	3	3	+	+	+							3	3	3	+	+	+			
		H70D70			+	+	+	+	+	+	+							+	+	+	+	+	+							+	+	+	+	+	+			
		H80D80					3	+	+	+	+	+								3	+	+	+	+	+							+	+	+				
	圆 底 形	H40D30	3	3	+	+	+	+	+	3						3	+	+	+	+	+	3							3	+	+	+	+	+				
		H50D40	3	+	+	+	+	+	+							3	+	+	+	+	+								3	+	+	+	+	+				
		H60D60			3	+	+	+	+	+							+	+	+	+	+	+								3	+	+	+	+	+			
		H70D70			+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+	+								+	+	+	+	+	+			
		H80D80			3	+	+	+	+	+	+	+	3				3	+	+	+	+	+	+	+								+	+	+	+	+	+	
抛 物 线 形	H40D30	3	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	H50D40	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	H60D60			3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			3	+	+	+	+	+	+	+	+	+			3	+	+	+	+	+	+	+	+	
	H70D70			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	H80D80			3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			3	+	+	+	+	+	+	+	+	+			3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
糙率 0.015	直 壁 式	H40D30			3	+	+								3	+	+												3	+	+							
		H50D40			3	3	+	+								3	3	+	+										3	3	3	+						
		H60D60	3	3	3	+	+									3	3	+	+									3	3	+	+							
		H70D70			+	+	+	+								+	+	+	+										+	+	+	+						
		H80D80			3	+	+											+	+	+											+	+	+					
	圆 底 形	H40D30	+	+	+											+	+	+										3	+	+	+							
		H50D40	+	+	3											+	+	+	3										+	+	+	+						
		H60D60			+	+	+										3	+	+	+									3	+	+	+						
		H70D70	3	+	+	+	+									3	+	+	+	3									+	+	+	+						
		H80D80			3	+	+	+									3	+	+	+									3	+	+	+	+	3				
抛 物 线 形	H40D30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	H50D40	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	H60D60	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		3	+	+	+	+	+	+	+	+	+			3	+	+	+	+	+	+	+	+		
	H70D70	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		3	+	+	+	+	+	+	+	+	+			3	+	+	+	+	+	+	+	+		
	H80D80			3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			3	+	+	+	+	+	+	+	+	

3 : 表中渠道底坡代号 1 表示底坡为 1δ150, 2 表示 1δ200, 3 表示 1δ300, 4 表示 1δ400, 5 表示 1δ500, 6 表示 1δ600, 7 表示 1δ700, 8 表示 1δ800, 9 表示 1δ900, 10 表示 1δ1000, 11 表示 1δ1200, 12 表示 1δ1500, + 表示适用该条件下的渠道, 3 表示量水堰允许壅水高度增加 5 cm 后, 扩大的适用渠道。

程量,影响渠首的进水或上游渠道的水流状态。综合上述因素,将渠道的允许壅水高度加大 5 cm 时,研究不同量水槽的适应性见表 2。可以看出,适当加高渠道衬砌高度,放缓壅水高度限制,可增大量水槽适用范围,但抛物线形量水槽适应性仍显著优于其它 2 种量水槽。

3 3 种量水槽的工程量、壅水高度及量水精度的比较

3 1 量水槽壅水高度、量水精度和工程量计算方法

量水槽的工程量、壅水高度、量水精度是量水槽的重要性能和确定最佳量水槽形式的关键指标。其中壅水高度可按通过设计流量时量水槽前水深与渠道下游水深的差值确定。工程量可按量水槽几何尺寸计算。量水精度取决于流量系数和流量公式误差、渠道和量水槽修建中的施工误差和水深测量误差,但主要受后两项控制。后两项主要为由渠道半径和量水堰槽宽度的施工误差、量水槽水尺零点误差和水深观测误差而产生的量水误差。它们主要取决于施工方法和水位观测方式。考虑到我国灌区实际,渠道和量水槽施工及水头测量误差限见表 3。

量水槽的测流精度用测流误差大小表示,它是上述诸项误差的组合^[6],见式(5)

$$D_t = \sqrt{D_b^2 + D_k^2 + D_h^2 + D_{h_0}^2} \tag{5}$$

式中 D_t ——总测流误差; D_b 、 D_k 、 D_h 、 D_{h_0} ——由 D 、 b 、 h 、 h_0 误差而产生的量水误差。

考虑到上述误差计算十分复杂,对不同类型渠

槽在其通过设计流量和最小流量时采用表 3 中的公式将渠道直径、量水槽宽度、量水槽水深及其零点水位按其误差限变化时,计算其对应的各分项误差,再用式(5)确定 3 种量水槽在其通过设计流量和最小流量的总测流误差。

表 3 渠道和量水槽尺寸的施工误差及水头测量误差限
Table 3 The construction variation limits of U 2shaped channel and the three types of flow measurement flumes

项 目	渠道直径 D	量水槽宽度 b	水位零点 h_0	水位观测 h_1
测量方式	模板制作	人工现场浇注	精密控制	水尺读数
误差限/mm	5	$5(1.5)^3$	2	8

3:表中对直壁式量水槽和长喉道量水槽,由于一般要采用人工现场浇注混凝土的方式,故其量水槽宽度采用 5 mm,而对抛物线形量水槽,由于其在室内制作三板量水喉口模板,现场仅需按模板修筑渐变段细面,其误差很小,故抛物线上口宽度制造误差限定为 1.5 mm。

3 2 量水槽收缩比的确定

采用上述方法,研究典型渠道、在特定底坡及糙率下 3 种量水槽在满足文献[2]中 3 个条件的不同收缩比下的量水槽工程量、壅水高度、通过设计流量和最小流量下量水精度,见表 4。可看出,各种量水槽的工程量 and 壅水高度随其收缩比增大而减小,最小流量时的量水精度均低于设计流量时的量水精度,同一流量时量水精度随其断面收缩比而变,但无趋势性变化规律,且其变差不大。其它渠道尺寸、底坡及糙率下的规律也同上。因此,在满足基本量水要求条件下,应选择较小的收缩比,这样对量水精度影响不大,而量水槽的工程量和壅水高度较小。

表 4 H60D60 U 形渠道量水槽性能与其收缩比的关系 ($A=8^\circ$, $n=0.013$, $i=1\text{‰}$)

Table 4 The relationships between backwater height, cerament volume, flow measuring precise with flow measurement flumes area of U 2shaped channel area at H60D60 U 2shaped channel ($A=8^\circ$, $n=0.013$, $i=1\text{‰}$)

抛物线形					直壁式						长喉道					
E	$h_{\text{壅}}$	v	$Q_{\text{设}}$	$Q_{\text{小}}$	E	$E_{\text{面}}$	$h_{\text{壅}}$	v	$Q_{\text{设}}$	$Q_{\text{小}}$	E	$E_{\text{面}}$	$h_{\text{壅}}$	v	$Q_{\text{设}}$	$Q_{\text{小}}$
0.57	14.56	45.84	1.88	3.32	0.59	0.406	14.74	409.82	2.3	3.09	0.58	0.603	14.96	171.47	1.59	3.07
0.59	13.49	41.31	1.92	3.38	0.60	0.409	13.93	405.10	2.28	3.11	0.59	0.613	14.62	167.28	1.59	3.09
0.61	12.46	39.29	1.96	3.44	0.61	0.412	13.14	400.48	2.25	3.13	0.60	0.623	14.29	163.10	1.59	3.1
0.63	11.47	37.28	2.00	3.49	0.62	0.414	12.40	395.98	2.25	3.14	0.61	0.632	13.97	158.94	1.59	3.11
0.65	10.51	35.27	2.04	3.55	0.63	0.417	11.68	391.59	2.22	3.18	0.62	0.642	13.65	154.80	1.59	3.13
0.67	9.58	33.25	2.07	3.61	0.64	0.419	10.99	387.31	2.21	3.18	0.63	0.651	13.34	150.68	1.60	3.14
0.69	8.68	31.24	2.11	3.68	0.65	0.422	10.31	383.14	2.19	3.22	0.64	0.661	13.04	146.57	1.60	3.15
0.71	7.81	29.22	2.16	3.74	0.66	0.424	9.66	379.08	2.18	3.21	0.65	0.670	12.74	142.48	1.60	3.16
0.73	6.96	27.21	2.20	3.79	0.67	0.426	9.03	375.12	2.16	3.26						

表中: E 、 $E_{\text{面}}$ 分别为量水槽的收缩比及相应收缩比下量水槽喉口与 U 形渠的断面面积比,对抛物线形量水槽, $E=$ $E_{\text{面}}$, $h_{\text{壅}}$ 、 v 、 $Q_{\text{设}}$ 、 $Q_{\text{小}}$ 分别为量水槽的壅水高度 (cm)、工程量 (l)、设计流量与最小流量下的量水时的总测流精度 (%), $A=90^\circ$ 、 $\frac{H}{2}$ 。

3 3 3 种量水槽壅水高度、量水精度和工程量的比较

研究 3 种量水槽在糙率 $n=0.013$ 时,不同尺

寸的渠道、底坡条件下,适用渠道在满足文献[2]中 3 个条件时的最大量水槽断面收缩比下的工程量、壅水高度及通过设计流量和最小流量下的量水精

度,见表 5,经研究对其它糙率时也同表 5 类似。可以看出,不同尺寸的渠道、底坡及糙率条件下,3 种量水槽的工程量和壅水高度不同,但均以抛物线形量水槽最小,直壁式量水槽次之,而以长喉道量水槽工程量最大。同时抛物线形量水槽的工程量显著小于其它两种,三种量水槽的壅水高度差别较小。三种量水槽的量水精度虽有差异,但差异不大,在设计流量和最小流量时量水精度一般在 1.2%~3.5%和 2.5%~6% 之间,均能满足灌溉测流要求。

同时本项研究还作为国家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”的量水技术筛选内容,在位于陕西杨凌五泉乡的宝鸡峡灌区二支渠二十四斗的 6 条分渠上设置上述 3 种量水槽各 2 种。经野外对比,在 3 种量水槽中,抛物线形喉口式形量水槽由于其适用范围广,不淤堵,工程量小,壅水高度低,能满足灌溉测流要求,当地农民所认可并喜用,说明本项研究的结论是可靠的。

表 5 不同渠道条件下三种量水槽的工程量、壅水高度及量水精度 (n = 0.013)
Table 5 The backwater height, cement volume, precise of three types of flow measurement flumes at different U 2shaped channels (n = 0.013)

型号	外倾角	比降	面积收缩比			工程量 $\bar{\alpha}$			雍水高度 $\bar{\delta}$ cm			设计流量时量水精度 $\bar{\sigma}$ %			最小流量时量水精度 $\bar{\sigma}$ %		
			直壁式	圆底形	抛物线形	直壁式	圆底形	抛物线形	直壁式	圆底形	抛物线形	直壁式	圆底形	抛物线形	直壁式	圆底形	抛物线形
H 8 0	0	1:8300	0.5	0.65	0.6	0.66	0.67	0.75	3.4	3.3	6.7	8.3	8.2	12.4	3	4	5.5
		1:6500	0.5	0.65				0.48	0.65	2.0	3.9			11.6	4	2.3	4.2
		1:6700						0.41	0.55					14.92			4.37
	8	1:8300	0.55	0.65	0.63	0.72	0.61	0.75	3.8	3.7	7.3	5.0	8.9	12.4	3	4	5.5
		1:6500	0.5	0.65	0.57	0.58	0.48	0.64	2.8	3.7	8.8	1.4	12.94	5.86	6	7.2	4.22
		1:6700						0.4	0.55					16.18			4.15
H 8 0	15	1:8300	0.63	0.65	0.66	0.73	0.6	0.71	4.7	4.7	8.4	4.1	11.3	14.5	6	8.2	6.24
		1:6500	0.54	0.65	0.57	0.63	0.47	0.63	3.8	1.8	9.4	9.4	14.4	7.66	5	7.7	4.31
		1:6700						0.4	0.54					17.92			4.32
	0	1:8500	0.55	0.65	0.58	0.63	0.57	0.75	11.3	2.1	3.63	2.3	24.13	11.70	10	7.7	6.6
		1:6700	0.5	0.51				0.49	0.66	1.66	7.9			32.81			6.3
		1:6900						0.43	0.59					39.56			14.79
H 8 0	8	1:8500	0.58	0.65	0.59	0.67	0.57	0.74	14.2	4.8	3.75	1.2	26.18	12.74	9	0.3	14.5
		1:6700	0.5	0.52				0.48	0.65	1.96	9.7	4.19	6.5	35.27	10	6.2	10.57
		1:6900						0.43	0.58					42.99			14.37
	15	1:8500	0.62	0.65	0.61	0.7	0.56	0.73	1.79	6.7	3.95	3.2	28.54	14.06	8	3.1	14.72
		1:6700	0.5	0.53	0.57	0.59	0.48	0.64	2.34	7.5	4.43	7.5	41.5	11.53	10	1.6	14.47
		1:6900						0.42	0.57					63.59			14.64
H 8 0	0	1:6700	0.5	0.58				0.51	0.69	3.30	9.8	9.24	7.6	53.18	12	4.9	15.12
		1:6900						0.46	0.61					65.19			8.23
		1:61200						0.39	0.54					88.29			8.29
	8	1:6700	0.5	0.59	0.57	0.6	0.51	0.68	3.96	5.1	9.60	2.3	57.32	13	4.2	13.27	8.29
		1:6900						0.45	0.61					82.91			8.2
		1:61200						0.39	0.53					137.62			8.35
H 8 0	15	1:6700	0.5	0.6	0.57	0.62	0.5	0.67	4.79	5.1	10.17	4.4	79.25	14	6.8	12.85	8.26
		1:6900						0.44	0.6					126.97			8.22
		1:61200						0.38	0.52					194.75			8.46

—3—表中包含部分加大允许壅水高度cm 条件下的量水槽。

4 结 论

U 形渠道抛物线形喉口式量水槽、直壁式量水槽、长喉道量水槽具有与 U 形渠道自然衔接、无底坎、通过挟沙水流时不淤堵的优点,适合多泥沙形渠道量水应用。在 3 种形渠道量水槽中,以抛物线形喉口式形量水槽的适用范围广,工程量小,壅水高度也较低。3 种量水槽在设计流量和最小流量时的量水精度虽有差异,但差异不大,均能满足灌溉测

流要求。

[参 考 文 献]

[1] Herschy R W. Stream flow Measurement[M]. Elsevier Applied Science Publishers, London U K, 1985
[2] 王 智,朱凤书,刘晓明.平底抛物线形无喉段量水槽试验研究[J].水利学报,1994(7): 12-23
[3] 张志田.形渠道测流[J].西安:西北工业大学出版社,1997.
[4] 陕西省水利厅,陕西省技术监督局,陕西省地方标准.形渠道量水槽[J].西安,2000.

- [5] 陕西省水利水保厅. U 形渠道[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986
- [6] 川田裕郎. 流量测量手册[M]. 罗凑等译. 北京: 计量出版社, 1982
- [7] 朱风书, 马孝义, 朱晓群等. U 形渠道抛物线形移动式量水堰板研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 36~40

Analysis of U-Shaped Channel Flow Measurement Flume Properties and Selection

Ma Xiaoyi, Wang Wen'e, Lü Hongxing, Yu Guofeng, Xu Qiuming
(Water Conservation and Architecture Engineering College, Northwest Sci-Tech
University of Agriculture and Forestry, Yanling 712100, China)

Abstract Using simulation method, the applicability, backwater height, sediment volume, flow measuring precise of vertical wall, parabolic thin plate, circle flume types of U shaped channel flow measurement are analyzed. The results show that the parabolic thin plate flume which has extensive applicability, small backwater height, less sediment volume, high measuring precise for small U shaped channel flow measurement, is the optimal flow measurement flume for U shaped channel in muddy irrigation district.

Key words: U shaped channel; flow measurement; applicability; comparative study

欢迎订阅《农业工程学报》

《农业工程学报》是由中国科学技术协会主管、中国农业工程学会主办的国家一级学术期刊, 1985 年创刊。本刊被列为中国科技期刊引证报告 (CJCR) 分析和中国科学引文数据库 (CSCD) 的源期刊; 连续多年被选为全国中文核心期刊 (农业工程类中位居榜首); 被《农业科学——农业工程文摘》长期收录; 被国际权威检索系统 (Ei page one)、英联邦农业局国际生物中心 (CAB International)、美国剑桥科技文摘 (Cambridge Scientific Abstracts, CSA) 等国内外 15 家权威或著名检索系统固定收录。近年来, 本刊期刊评价与检索指标, 以及在中国科技期刊中的排名均稳步上升。本刊已连续 3 年同时进入中国科学院文献情报中心中国科学引文数据库统计发布的被引频次和影响因子最高的中国科技期刊 300 名排行榜。《农业工程学报》已通过中宣部和新闻出版总署审核, 入选“中国期刊方阵”中的“双效”期刊。另外, 本刊还与美国农业工程师学会、韩国农业工程学会、日本土木工程学会、美国国家农业图书馆等建立交换关系。

本刊主要报道农业工程领域的学术论文、综

述和专家论坛及实用技术研究报告, 以技术基础理论与实用技术相结合并侧重实用性成果为特色。主要栏目有综述及论坛、应用技术基础研究、农业水土工程、农业机械与农业机械化工程、农村能源、农业废弃物处理和环保工程、设施农业与环境控制工程、农产品产后处理与加工工程、农业自动化与农业信息技术、土地开发整理工程等; 此外, 还有短文、研究简报、会议、单位和学科带头人介绍, 以及有关农业工程的科技动态与出版信息。

《农业工程学报》为双月刊, 大 16 开本, 每期正文 200 页左右, 刊号: ISSN 1002-26819, CN 112-2047/ÖS, 邮发代号: 18257, 每期定价 25 元, 全年 6 期, 共 150 元。若直接向编辑部订阅, 均可享受八折优惠, 全年订刊费 120 元。

编辑部地址: 北京市朝阳区麦子店街 41 号

《农业工程学报》编辑部

邮 编: 100026

电 话: 010-26591006/22503/3503

电话兼传真: 010-265929451

电 子 信 箱: transcsae@agri.gov.cn