

网络出版时间:2012-12-21 17:27

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20121221.1727.005.html>

多种断面型式渠道水力参数一体化计算程序的开发

袁聆钊^{1,2}

(1 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2 太原理工大学 水利科学与工程学院, 山西 太原 030024)

【摘要】 **【目的】**针对目前灌区渠道输配水计量、监测相对滞后,各种计算程序或软件具有一定的局限性等状况,开发适用于多种断面型式渠道的水力参数一体化计算程序。**【方法】**采用 Visual Basic 语言及模块化设计思想,设计并建立适合灌区灌溉用水特点,集多断面、多参数及实时性与分析性、汇总与存储性等于一体的且可在 Windows 7 和 Vista 及其更高版本环境下运行的水力参数一体化计算程序,将其在某灌区进行实际使用,并将该程序计算流量与流速仪所测流量进行了比较。**【结果】**成功开发了适合多种断面型式渠道水力参数的一体化计算程序,实际应用及比较结果表明,其流量计算最大相对误差为 1.35%。**【结论】**开发的多种断面型式渠道水力参数一体化计算程序可广泛用于灌区流量、流速的实时计算及各种水量的汇总与分析中。

【关键词】 断面型式;水力参数;一体化实时计算;灌区输配水

【中图分类号】 TS27;TV133

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)01-0229-06

Integrative programming on hydraulic parameters calculation of channels with different section patterns

YUAN Ling-zhao^{1,2}

(1 Institute of Water Resources and Hydro-electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2 College of Water Resources and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi 030024, China)

Abstract: **【Objective】** Aiming to solve the problems that the water measuring and monitoring of channel transmission and distribution are relatively lagging behind, and various calculation programs or softwares are of certain limitations at present, an integrative programming appropriate for the calculation of hydraulic parameters of channels with different section patterns is developed. **【Method】** Based on Visual Basic and design ideas of modularization and combined with multi-sections, multi-parameters, real-time, analyticity, summary, and storage, an integrative procedure on calculation and analysis of hydraulic parameters, which can be run in Windows 7, Vista and later versions, is devised for irrigation water characteristics. The procedure was used in an irrigation district, and the calculated flow capacity was compared with the results measured by a hydrometric propeller. **【Result】** An integrative programming on hydraulic parameters calculation of channels with different section patterns was successfully developed and the largest relative error was 1.35% comparing to measurement. **【Conclusion】** This procedure can calculate the real-time capacity and velocity and summarize and analyze the water quantity in an irrigation district.

Key words: section pattern; hydraulic parameter; integrative real-time calculation; water transmission and distribution in irrigation district

〔收稿日期〕 2012-04-22

〔基金项目〕 国家自然科学基金项目(50979065)

〔作者简介〕 袁聆钊(1963—),男,山西应县人,高级工程师,在读博士,主要从事水利信息化研究。E-mail:13603565933@163.com

我国是一个农业大国,农业用水量(含林牧渔用水)占总用水量的 68%,其中 90%是灌溉用水^[1]。我国年均水资源总量居世界第 6 位,人均水资源占有量居世界第 109 位,是世界上 13 个贫水国家之一^[2-3]。淡水资源短缺是我国的一大基本国情,“依法用水、准确计量、按量收费”是我国水资源管理的一项基本制度,中央一号文件明确指出:要“实行最严格的水资源管理制度,建立用水总量控制、用水效率控制和水功能区限制纳污‘三项制度’,相应地划定用水总量、用水效率和水功能区限制纳污‘三条红线’,着力改变当前水资源过度开发、用水浪费、水污染严重等突出问题”,“落实重要江河流域水量分配方案,建立流域、省、市、县四级取水总量控制指标体系”^[4-5]。对灌区而言,各级输配水渠道水量与流量的量测及计算,是实行灌区科学用水、计划用水,提高经济效益的主要依据,是促进节约用水和合理用水的有效途径,也是贯彻落实中央一号文件精神、实行用水总量控制的有效前提。为此,不少学者及水利工作者一直致力于这方面的工作。

目前,灌区机井水量的计量系统已比较完善,明渠输配水的计量、监测系统还相对滞后,虽然水量的监测已有不少方法与措施^[6-9],但关于流量及水量计算的各种程序或软件还具有一定的局限性。弧底梯形及弧角梯形断面渠道的水力计算程序虽然避免了手工试算的麻烦,提高了工作效率^[10],但不适用于其他断面型式渠道的水力计算。由监测中心软件和下位机软件 2 部分组成的机翼形量水槽流量自动监测软件系统,主要适用于大型输水干渠与支渠流量的监测与计算^[11]。以陕西省地方标准“U”形渠道直壁测流槽流量计算公式为依据的计算机软件,则只适用于“U”形渠道流量自动测流仪^[12]。此外,还有基于 GPRS 以及以 GSM 短消息和 Internet 等为信号传输方式的流量监测与计量仪器的配套软件^[13-15];王红雨等^[16]针对宁夏项目区农民用水协会组织内部实施量水到户遇到的实际问题,提出了小型“U”形渠道断面测流的简化方法以及相应的断面流量计算公式。但是,当前还没有一套切实可行、简单易用的关于流速、流量过程线及日、月、年等各种水量与流量监测与计量,且能对各种断面渠道水力参数进行计算分析的程序。

针对上述问题,笔者基于自主研发的投入式压阻型液位传感器,采用技术集成的方法,研究开发了融明渠均匀流原理、太阳能供电、信号无线变送和隐形水位监测于一体的灌区农田输配水渠道流量实时

监测系统,并结合灌区特点及相关工作人员的素质水平,考虑灌区常用渠道断面型式,采用 Visual Basic 程序设计语言,开发一套适合灌区灌溉用水特点、便于操作应用的程序,以期灌区多种断面型式渠道的水力参数分析与计算提供参考。

1 设计思路

灌区农田输配水渠道流量实时监测系统主要针对标准断面渠道的水深进行实时监测,它包括土建系统、水位采集系统、信号传输系统、太阳能供电系统及信号接收系统等。多断面型式渠道水力参数一体化计算程序与灌区农田输配水渠道流量实时监测系统配套使用,是实时监测系统及后期计算、分析程序。该程序可实时获取水位传感器监测到的水深信息或读取已通过太阳能无线变送器和 GPRS 网络传送到控制中心计算机系统所存储的水深信息,由此对渠道的流量、流速、水量等参数进行计算、计量及分析。一体化计算程序必须具有下列几方面的功能。

1)多断面。灌区常见的渠道断面型式有梯形、“U”形、矩形及圆形等,为了满足不同灌区或同一灌区不同区域水量计量与分析的需要,一体化计算程序必须能够对所有常见断面型式渠道的水量进行计算、统计及分析,即具有多种型式断面水力参数的计算、分析功能。

2)多参数。一体化计算程序除了通过获得的水深计算渠道流量外,还需要计算渠道水流的断面平均流速、绘制某一时段的流量过程线、计算某一时段的水量以及对每周、每月、每年渠道通过的水量进行计算并存储,为此程序必须具有多参数计算功能。

3)实时性。所谓实时性,是指一体化计算程序可以通过灌区农田输配水渠道流量实时监测系统实时获取渠道中水深,然后获得渠道中该时刻水流的实时流量与断面平均流速。

4)分析性。所谓分析性,是指一体化计算程序可以对灌区内各监测点的流量、水量、渠道水流平均流速以及流量、水位变化等进行比较、排序等。

5)汇总及存储性。一体化计算程序能在每天监测结束后,自动读取灌区农田输配水渠道流量实时监测系统所存储的该天各时刻的水深数据,通过流量计算得到该天的总水量并以文本格式自动存储在计算机硬盘中;同样,当 1 周、1 月及 1 年的监测结束后,程序要能够自动对该周、该月及该年内的总水量进行汇总、存储。

6)易用性。灌区工作人员的文化程度参差不齐,为了使一体化计算程序得以最大范围、最大限度地发挥作用,程序必须具有操作简单、容易使用特点。

7)其他功能。一体化计算程序还必须具有以下功能:① 简单、方便地设置一天的起始与终止时刻;② 设置存储文件目录;③ 设置灌溉期起始与终止日期;④ 多点实时及分析功能;⑤ 各类数据打印功能。

2 程序构成

一体化计算程序用 Visual Basic 程序设计语言编制,采用模块化设计思想,可在 Windows 7、Vista 及其更高版本环境下运行。根据其功能,程序主要包括以下模块:

1)初始化模块。该模块的功能为设置监测点数、检查各点传感器工作状态、检查或设置数据存储目录、提示用户设置各监测点断面型式及输入断面参数(包括渠道糙率与纵坡值)、设置监测日与灌溉期的起始和终止日期及时间等。

2)数据存取模块。该模块的作用是将用户输入的初始数据保存在文件中,以便下次可以直接将这些数据从文件中读入,免去用户每次启动软件都需要重新输入数据的烦恼。它用于完成初始化数据与断面参数 2 部分数据的保存与读取。

3)监测模块。该模块完成水深数据的读取与监测及显示任务,它包括实时流量监测与历史流量监测 2 种功能,其中实时流量监测是指一体化计算程序直接从灌区农田输配水渠道流量实时监测系统水位传感器读取某监测点的实时水深,然后转换为该监测点的流量与流速并显示,历史流量监测是指一体化计算程序从灌区农田输配水渠道流量实时监测系统所存储的文件中读取以往某一时刻或某时段内各时刻水深数据,然后将其转换为流量与流速并显示。

4)断面参数计算模块。根据用户选择的断面型式及监测模块获得的渠道水深计算不同型式断面的面积、湿周、谢才系数等参数。

5)水力参数计算模块。该模块主要用于计算各监测点的流量与水流断面平均流速、显示流量过程线、某一时段内通过监测点测流断面的总水量,以及对日水量、旬水量、月水量和年水量等进行汇总。同时,该模块还会将每一监测点的原始水深数据及汇总数据自动存储在计算机外部存储器中。

6)数据备份模块。该模块用于将原始数据与计算结果进行备份。

7)打印及帮助模块。打印模块用于根据用户的选择打印某监测点或全部监测点的水深、流量、水位及流量过程线、某时段的水量或某周、某月、某年的水量等数据。帮助模块将介绍该程序的使用方法等。

多断面型式渠道水力参数一体化计算程序设计框图如图 1 所示。

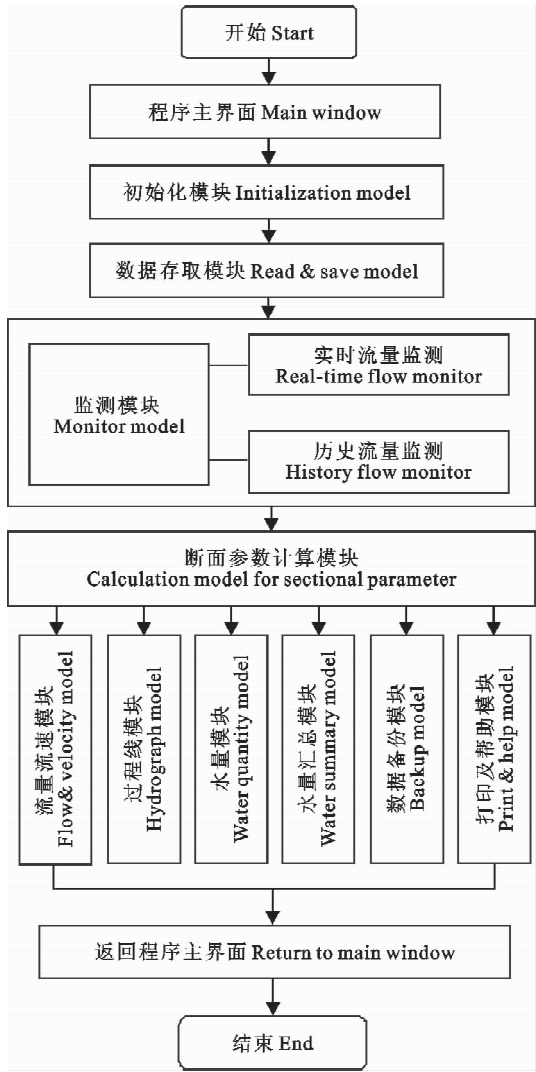


图 1 多断面型式渠道水力参数一体化计算程序设计框图

Fig. 1 Diagram of integrative program on the calculation of hydraulic parameters of channels with different section pattern

3 设计原理

3.1 水深的实时读取

一体化计算程序不仅能通过读取灌区农田输配

水渠道流量实时监测系统存储在计算机中的水深计算渠道水流流量与流速,还可通过实时获取渠道中水深计算某时刻的实时水流流量与流速。

实时水深通过调用灌区农田输配水渠道流量实时监测系统上位机中数据采集程序获取。

3.2 流量、流速及断面参数计算

根据灌区农田输配水渠道流量实时监测系统的设计要求,被监测渠道中将形成均匀流,则渠道流量可按式(1)计算:

$$Q=AC\sqrt{Ri}。 \quad (1)$$

式中: Q 为渠道水流流量, A 为渠道过水断面面积, C 为谢才系数, R 为过水断面水力半径, i 为渠道纵坡。

谢才系数 C 由曼宁公式^[17]计算,将曼宁公式代入式(1),可得:

$$Q=A \frac{1}{n} R^{1/6} \sqrt{Ri} = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{X^{2/3}} i^{1/2}。 \quad (2)$$

式中: n 为渠道糙率,由渠道材质确定; X 为渠道过水断面湿周。

从式(2)可以看出,当灌区农田输配水渠道流量实时监测系统通过土建系统使渠道断面形状、尺寸、底坡及糙率确定后,渠道中水流流量仅仅是水深 h 的函数,只要获取渠道中水深,即可得到断面参数 A 及 X ^[18],从而计算出渠道中水流流量。

渠道中水流断面平均流速按下式计算:

$$v=\frac{Q}{A}。 \quad (3)$$

式中: v 为断面平均流速。

3.3 水位与流量过程线

灌区农田输配水渠道流量实时监测系统将以 t min (t 由监测系统设定,一般可设为 10 min) 1 次的频率,将监测到的水深以文件形式自动存储在用户指定的文件夹中,一体化计算程序将从文件中读取水深数据,将其转换为水位及流量,并通过图形方式显示,其中流量按式(2)计算,水位按下式计算:

$$Z=Z_0+h。 \quad (4)$$

式中: Z 为水位, Z_0 为渠道底高程, h 为水深。

3.4 水量及其汇总

某时段 Δt ($\Delta t=t_2-t_1$) 内的水量 ΔQ 按下式计算:

$$\Delta Q=\frac{(Q_1+Q_2)}{2}(t_2-t_1)。 \quad (5)$$

式中: ΔQ 为时段 Δt 内的水量; Q_1 、 Q_2 分别为 t_1 与 t_2 时刻的流量,按式(2)计算。为了提高计算精度,

Δt 的取值不能太大,一般应小于等于 10 min。

一体化计算程序将按每小时进行水量汇总,日水量则通过对该天 24 h 内每小时水量进行汇总,每周水量通过对该周 7 d 的日水量进行汇总,每月水量通过对该月实际天数的日水量进行汇总,年水量通过对该年的月水量进行汇总。

4 实例应用及效果评价

某灌区 1953 年兴建,耕地面积约为 4.39×10^4 hm²,设计灌溉面积约为 2.97×10^4 hm²。为了验证该一体化计算程序的正确性,以流速仪所测流量为准确值,于 2009-03-04 先后 2 次选择该灌区东干四支渠首与东干渠首 2 处监测点,采用同步、同地点进行测流的方法,分别从渠道最小流量至最大流量之间选取 2 种流量,对多种型式断面渠道水力参数一体化计算程序的计算结果(其中水深从监测系统实时获取)与流速仪测定结果进行了比较。其中东干四支渠首渠道断面为梯形,底宽 2.0 m,边坡系数 1.5,渠道底坡 1/2 000,采用混凝土衬砌;东干渠首渠道断面也为梯形,底宽 2.8 m,边坡系数 0.2,渠道底坡 1/2 000,采用混凝土衬砌。流速仪测流第 1 次采用两点法,第 2 次采用三点法。每次测试从上午 08:00 到下午 18:30,每隔 50 min 左右测试 1 次,共观测了 12 次。2 种方法所得结果见表 1。从表 1 可以看出,无论是较小流量还是较大流量,一体化计算程序计算结果与流速仪测试结果的最大相对误差为 1.35%,说明该程序用于计算灌区渠道流量是可行的。由于流量过程线及水量汇总等都是以前流量计算为基础进行的,则该一体化计算程序用于流量过程线及水量汇总等参数的计算与分析均是可行的,完全可以满足灌区水量计量、控制及分析的要求。

5 结 论

多种断面型式渠道水力参数一体化计算程序采用 Visual Basic 语言编制,采用模块化设计,集多断面、多参数、实时性与分析性、汇总及存储性等于一体,可在 Windows 7、Vista 及其更高版本环境下运行。程序简单易用,与灌区输配水渠道流量实时监测系统配套,可对灌区渠道进行多点流量、流速计算,绘制水位及流量过程线,自动进行水量的汇总与存储等。将该程序在某灌区实际使用,并将计算结果与流速仪所测流量进行了对比,最大相对误差为 1.35%。说明该程序用于灌区流量、流速计算及水量汇总和分析是完全可行的。

表 1 一体化计算程序计算流量与流速仪测量流量的比较

Table 1 Comparison of flow capacity resulted from the integrative programming with that by a hydrometic propeller							
测点 Measured stations	测次 Measured times	3 月 March			4 月 April		
		一体化计算程序 计算流量/ (m ³ · s ⁻¹) Calculated discharge from the procedure	流速仪 测试流量/ (m ³ · s ⁻¹) Tested discharge from the hydrometic propeller	相对误差 /% Relative error	一体化计算程序 计算流量/ (m ³ · s ⁻¹) Calculated discharge from the procedure	流速仪 测试流量/ (m ³ · s ⁻¹) Tested discharge from the hydrometic propeller	相对误差 /% Relative error
东干四支渠首 渠道断面 At the first sec- tion of the fourth tributary channel on the east main channel	1	1.81	1.82	0.55	3.19	3.21	0.62
	2	1.82	1.83	0.55	3.21	3.22	0.31
	3	1.79	1.80	0.56	3.18	3.19	0.31
	4	1.84	1.86	1.08	3.17	3.19	0.63
	5	1.81	1.82	0.55	3.21	3.22	0.31
	6	1.78	1.79	0.56	3.19	3.21	0.62
	7	1.83	1.83	0.00	3.18	3.19	0.31
	8	1.84	1.85	0.54	3.17	3.19	0.63
	9	1.82	1.82	0.00	3.19	3.21	0.62
	10	1.81	1.82	0.55	3.21	3.22	0.31
	11	1.83	1.84	0.54	3.18	3.21	0.93
	12	1.82	1.83	0.55	3.21	3.23	0.62
东干渠首 渠道断面 At the first sec- tion on the east main channel	1	2.17	2.18	0.46	3.44	3.45	0.29
	2	2.18	2.20	0.91	3.46	3.48	0.57
	3	2.16	2.18	0.92	3.52	3.55	0.85
	4	2.21	2.23	0.90	3.41	3.45	1.16
	5	2.17	2.19	0.91	3.45	3.47	0.58
	6	2.18	2.19	0.46	3.48	3.50	0.57
	7	2.15	2.17	0.92	3.49	3.51	0.57
	8	2.23	2.25	0.89	3.46	3.48	0.57
	9	2.18	2.19	0.46	3.51	3.53	0.57
	10	2.19	2.22	1.35	3.48	3.51	0.85
	11	2.22	2.23	0.45	3.46	3.48	0.57
	12	2.18	2.20	0.91	3.49	3.52	0.85

[参考文献]

[1] 谢焕玲. 滴灌系统优化设计与灌水均匀度的研究 [D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2003.
Xie H L. Study on optimal design of the drip irrigation system and the uniformity of irrigation [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University,2003. (in Chinese)

[2] 冯广志. 21 世纪初我国节水工作的思考 [J]. 节水灌溉,2002 (1):1-5.
Feng G Z. Thinking on water saving works at beginning of 21st century [J]. Water Saving Irrigation,2002(1):1-5. (in Chinese)

[3] 黄修桥,李英能,顾宇平. 节水灌溉技术体系与发展对策的研究 [J]. 农业工程学报,1999,15(1):118-123.
Huang X Q,Li Y N,Gu Y P,et al. Study on technical system and development measures of water-saving irrigation [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,1999,15(1):118-123. (in Chinese)

[4] 孔令峰,赵元忠,李效栋. 自动化量测水系统在张掖大满灌区灌溉管理中的应用 [J]. 甘肃农业大学学报,2007,42(2):120-124.
Kong L F,Zhao Y Z,Li X D. Application of automatic water measuring system to irrigation management of the Daman irrigation area in Zhangye [J]. Journal of Gansu agricultural university,2007,42(2):120-124. (in Chinese)

[5] 陈良彪. 政策解读:水资源管理划定“三条红线” [EB/OL]. (2011-01-11)[2012-04-22]. [http://cpc. people. com. cn/GB/64093/82429/83083/13890130. html](http://cpc.people.com.cn/GB/64093/82429/83083/13890130.html).
Chen L B. Policy interpretation: Water resources management will be marked off by “The three red lines” [EB/OL]. (2011-01-11)[2012-04-22]. [http://cpc. people. com. cn/GB/64093/82429/83083/13890130. html](http://cpc.people.com.cn/GB/64093/82429/83083/13890130.html). (in Chinese)

[6] 唐从宽,金从岭. KFT 明渠流量监测系统在灌区的应用 [J]. 自动化仪表,2001,22(4):21-22.
Tang C K, Jin C L. The application of KFT open channel flow monitoring system of irrigated areas [J]. Process Automation Instrumentation,2011,22(4):21-22. (in Chinese)

[7] 舒大兴,韩金山. 灌渠支斗口 IC 卡供水系统研究应用 [J]. 水利水文自动化,2004(4):25-27.
Shu D X,Han J S. IC cards adopted in water supply system at

- estuaries of irrigation channels [J]. Automation in Water Resources and Hydrology, 2004(4):25-27. (in Chinese)
- [8] 张志昌, 肖宏武, 毛兆民, 等. U 形渠道直壁式量水槽的标准设计和制作工艺研究 [J]. 西安理工大学学报, 2011, 27(4): 417-422.
- Zhang Z C, Xiao H W, Mao Z M, et al. Research on standardized designment and manufacturing process of straight wall type water measuring flume in U-shaped channel [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2011, 27(4): 417-422. (in Chinese)
- [9] 郝树荣, 任瑞英, 郝树刚. 灌区量水技术的发展与展望 [J]. 人民黄河, 2003, 25(11): 41-43.
- Hao S R, Ren R Y, Hao S G. Development and prospects of water technologies at irrigation district [J]. Yellow River, 2003, 25(11): 41-43. (in Chinese)
- [10] 成铁兵. 弧底梯形及弧角梯形断面水力计算电算程序 [J]. 杨凌职业技术学院学报, 2008, 7(3): 21-24.
- Cheng T B. The arc bottom trapezoid and the arc angle trapezoidal cross section water power computation program [J]. Journal of Yangling Vocational & Technical College, 2008, 7(3): 21-24. (in Chinese)
- [11] 吕宏兴, 苏星, 徐宏伟. 机翼形量水槽流量自动监测系统及应用 [J]. 人民长江, 2009, 40(3): 41-43.
- Lü H X, Su X, Xu H W. Automatic monitoring system and application of wing-shaped measuring flume flow [J]. Yangtze River, 2009, 40(13): 41-43. (in Chinese)
- [12] 崔岩, 郝红科, 张志昌, 等. U 形渠道自动测流仪数据处理方法研究 [J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 149-152.
- Cui Y, Hao H K, Zhang Z C, et al. Method study on managing data about automatic equipment to measure flow in U-type ditch [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 16(5): 149-152. (in Chinese)
- [13] 王宏军. 基于 GPRS 流量计量仪的设计与实现 [J]. 科学技术与工程, 2011, 11(1): 25-29.
- Wang H J. Design of flows meter and implementation based on GPRS [J]. Science Technology and Engineering, 2011, 11(1): 25-29. (in Chinese)
- [14] 罗大晖. 基于 GSM 短消息与 Internet 的灌溉水量自动计量系统研究 [J]. 福建电脑, 2007(4): 132-133.
- Luo D H. Automatic measurement system study of irrigation water based on GSM short message and internet [J]. Fujian Computer, 2007(4): 132-133. (in Chinese)
- [15] 卢胜利, 曹家麟, 王福平. 基于短消息的引黄灌渠水流量自动监测系统 [J]. 计算机工程与应用, 2005(5): 197-199.
- Lu S L, Cao J L, Wang F P. A water-flow auto-measuring system for irrigation dyke of the Yellow River based on the short message of GSM [J]. Computer Engineering and Applications, 2005(5): 197-199. (in Chinese)
- [16] 王红雨, 周斌. 小型 U 形渠道标准断面量水的简化方法 [J]. 中国农村水利水电, 2009(10): 99-102.
- Wang H Y, Zhou B. Simplified calculation of cross-section gauging flow in miniature U-shaped canals [J]. China Rural Water and Hydropower, 2009(10): 99-102. (in Chinese)
- [17] 吴持恭. 水力学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1979: 249.
- Wu C G. Hydraulics [M]. Beijing: Higher Education Press, 1979: 249. (in Chinese)
- [18] 张志昌, 肖宏武, 毛兆民. 明渠测流的理论和方法 [M]. 西安: 陕西人民出版社, 2004: 292-304.
- Zhang Z C, Xiao H W, Mao Z M. Theories and methods of flow measurement of the open channel [M]. Xi'an: Shaanxi People's Press, 2004: 292-304. (in Chinese)