

快速测定渠道水利用系数方法研究

梁 举

(江西省灌溉试验中心站,江西 南昌 330201)

摘 要:渠道水利用系数是衡量渠道输水效率和节水管理水平的重要指标,也是灌区改造与节水灌溉发展的标志性指标。本项目以赣抚平原灌区各级渠道为测试渠道,结合实际运用多种渠道流量流速测量仪器,进行渠道流量测验,并进行对比分析,利用动水法进行渠道水利用系数测量,对如何快速测定渠道水利用系数的测定方法进行了探讨。

关键词:灌区;渠道;水利用系数;流速仪

中图分类号:S277.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2016)03-0171-05

0 引 言

准确测定渠道水利用系数是合理评价节水灌溉发展成效和分析节水潜力的重要基础,为各级部门制定规划、科学决策和宏观管理提供重要依据。针对南方灌区渠道数量多、级数多,形状不规则等特点,测定渠道水利用系数工作量大、测定时间长、测定工作繁杂、测定所需长时间稳定流量等状况,在江西省水利厅资助下,选择赣抚平原灌区作为典型样点灌区,开展快速测定渠道水利用系数研究工作。

通过传统手段与现代化手段相结合,进行对比试验测定,探求不同级别渠道水利用系数测定的快速方法,总结适宜南方灌区特点的渠道水利用系数测定方法,在满足一定的测验精度前提下,达到快速测定渠道水利用系数的目的。

1 方法与仪器

1.1 测定方法

《节水灌溉工程技术规范》(GB/T 50363-2006)规定,对于渠道水利用系数的测定,主要分为静水法和动水法。根据国内外的实践,静水法所采用的渠道损失水量(体积)测量法,是测量渠道水利用系数测定精度最高的方法之一。但静水法测验工作较繁重,花费人力及

经费多,又需在渠道停水后方能进行,故静水法适用于小型渠道。该方法主要的过程有:水位观测和断面面积的测定。较静水法不同,动水法测验可在不影响渠道正常运行下进行,在满足一定的测验精度前提下,快速地测定渠道水利用系数。

从理论上讲,渠道水利用系数 $\eta_{渠}$,是指某级灌溉渠道在正常水位或设计流量情况下,水流到达渠尾时的净流量 $Q_{净}$ 与它进入渠首时的毛流量 $Q_{毛}$ 之比值。即: $\eta_{渠} = Q_{净}/Q_{毛}$ 。南方省份灌区,灌区渠道地形复杂,在测量条件有限,受经济、物力、人力和渠道状况等因素影响下,只能测知渠道中某一渠段的首尾流量。因此我们可以选择渠道当中不分水或分水口较少的有代表性渠段,利用“损失系数法”或“利用系数法”,进行渠道水有效利用系数测量。

损失系数法认为每段渠道的输水流量损失是一样的^[1],在待测渠道中选择有代表性渠段,进行典型代表渠段的单位公里输水损失率测定,以其代表整个渠道的每公里输水损失系数,从而来计算整个渠道的渠道水有效利用系数。输水损失法的计算公式如下:

$$\eta = 1 - \sigma \cdot L \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{Q_{首} - Q_{尾} - \sum q_i}{\Delta L \cdot Q_{首}} \quad (2)$$

式中: η 为损失系数法计算的整个渠道水有效利用系数; σ 为渠道单位长度输水损失量, m^3/km ; L 为渠道总长度, km ; ΔL 为代表渠道长度, km ; $Q_{首}$ 为代表渠段渠

收稿日期:2016-03-28

项目来源:江西省水利厅科技项目(编号:KT201117)。

作者简介:梁 举(1979-),男,大学本科,助理工程师。

首流量, m^3/s ; $Q_{\text{尾}}$ 为代表渠段渠尾流量, m^3/s ; q_i 为代表渠段区间分水流量, m^3/s 。

与损失系数法原理一样, 利用系数法也是通过在渠道中选择有代表性渠段, 以代表渠段的渠段水有效利用系数, 来代替其他各段渠段的渠段水有效利用系数来进行计算的, 渠道水有效利用系数就是各平均渠段 ($L/\Delta L$) 的渠段水有效利用系数的连续乘积:

$$\eta = \left[\frac{Q_{\text{尾}} + \sum q_i}{Q_{\text{首}}} \right]^{L/\Delta L} \quad (3)$$

式中符号意义同上。

在灌区的渠道水利用系数测量和计算过程中, 通过在渠道中选择有代表性渠段, 利用损失系数法计算公式 (1)、(2) 或是利用系数法计算公式 (3), 进行渠道水利用系数测量和计算。

在某一测流断面中进行渠道流量测验时, 尽管在每次流量测验时的水位是相同的, 但测出的流量值结果并不会完全相同。由于各类流速仪都有着一定均方误差的缘故^[2], 以及渠道的水流并不是稳定均匀流。因此, 在进行灌区的渠道水利用系数测量时, 为了减少操作过程流速仪误差带来的影响, 应该适当增加流量测验次数, 只有在平均值与各次流量实际测量值之间的相对误差的绝对值小于流速仪的均方误差的绝对值时, 方可利用各次实际测量平均值来按定义去计算渠道水利用系数 η 值。

渠道水流量实际测量值与平均值的相对误差应按

下式进行计算:

$$\Delta = \frac{\bar{Q} - Q_i}{\bar{Q}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: Δ — 相对误差;
 $\bar{Q}$ — 各次实测流量的平均值, m^3/s ;
 Q_i — 某一一次的实测流量值, m^3/s 。

1.2 测流仪器

根据测流仪器、使用性能和灌区不同等级渠道等具体情况, 经过对比和筛选, 最终选择 LS1206B 型旋桨式流速仪 (以下简称为旋桨式流速仪)、CF9901 型微型电脑流速仪 (以下简称为 CF 微型电脑流速仪)、FD111 和 FD211 型直读式流速仪 (以下简称为直读式流速仪)、FlowQuest 2000 声学多普勒剖面流速仪 (以下简称为声学多普勒剖面流速仪) 作为本研究的测流仪器。

2 分析与讨论

2.1 仪器比测分析

利用声学多普勒剖面流速仪, 分别在赣抚平原灌区 (焦石、王家洲、二千、一干、东干、天王渡等处) 进行了测量, 并与传统的旋桨式流速仪进行了流量比测。表 1 ~ 4 分别为在西总干渠首焦石桥处和一干渠进水闸后、东干、二千等各处使用声学多普勒剖面流速仪和旋桨式流速仪进行比测的部分数据。

表 1 焦石使用声学多普勒剖面流速仪测流数据

测试项目	测回 1		测回 2		测回 3		测试平均
	往测	返测	往测	返测	往测	返测	
断面流量/(m^3/s)	-83.06	86.88	-81.28	84.07	-82.43	83.39	83.52
平均流速/(m/s)	-0.65	0.67	-0.63	0.64	-0.64	0.63	0.64
最大流速/(m/s)	0.87	0.89	0.86	0.85	0.91	0.87	0.87
断面面积/ m^2	129.15	131.95	130.89	133.40	131.32	133.52	131.71
水面宽度/ m	48.98	50.41	50.50	51.03	50.36	50.98	50.38
平均水深/ m	2.64	2.62	2.59	2.61	2.61	2.62	2.62
最大水深/ m	3.21	3.20	3.20	3.20	3.21	3.22	3.21

表 2 焦石使用旋桨式流速仪和声学多普勒剖面流速仪的测流数据对比

仪器	断面流量/(m^3/s)	水道断面面积/ m^2	平均流速/(m/s)	最大测点流速/(m/s)	水面宽/ m	平均水深/ m	最大水深/ m
旋桨式	85.50	133.50	0.64	0.72	50.00	2.67	3.30
声学多普勒	83.50	131.70	0.64	0.87	50.40	2.62	3.21
绝对误差	2.00	1.80	0.00	0.15	0.40	0.05	0.09
相对误差/%	2.37	1.36	0.47	19.32	0.80	1.89	2.77

注: 表中除断面流量外, 其它各测流数据参照公式 (4) 计算。

通过比测结果分析,除最大测点流速外,其他流量测量主要参数(断面流量、水道断面面积、平均流速、水面宽、平均水深、最大水深)均符合 5% 的误差规定。对于最大测点流速的测定值误差较大,是由于两种仪器的

测量原理不同导致的,使得声学多普勒流速仪所测结果要大于旋桨式流速仪测量结果。但对于断面流量的相对误差为 2.3%,对测量结果影响不大。

在一干渠比测的部分数据中发现,使用声学多普勒

表 3 在一干渠旋桨式流速仪和声学多普勒剖面流速仪的测流数据对比

仪器	断面流量 /(m ³ /s)	水道断面面积 /(m ²)	平均流速 /(m/s)	最大测点流速 /(m/s)	水面宽/m	平均水深/m	最大水深/m
旋桨式	7.07	6.90	1.03	1.09	3.00	2.30	2.30
声学多普勒	5.86	6.43	0.96	1.12	3.11	2.06	2.27
绝对误差	1.21	0.48	0.07	0.03	0.11	0.24	0.03
相对误差/%	18.72	7.04	7.04	2.27	3.70	10.82	1.18

注:同表 2。

剖面流速仪对比旋桨式流速仪得出的断面流量,相对误差高达 17.1%,断面面积、平均水深相对误差皆大于 5%,断面流量的相对误差相对较大。分析主要原因为:声学多普勒流速仪的测量,在渠道边坡附近测量的水深小于实际断面水深,使得断面面积小于实际断面面积,得

到断面平均流量小于测量断面实际流量。通过比测分析,得到声学多普勒流速仪不适用于窄深渠道断面的流量测量。因此在断面较窄、边缘流速较大的矩形渠道使用声学多普勒剖面流速仪测流,误差较大,不宜使用。

其他测点比测分析结果满足《河流流量测验规范》

表 4 旋桨式流速仪和声学多普勒剖面流速仪多次比测

测点	时间	流量/(m ³ /s)		平均水深/m		流量相对误差 /%
		声学多普勒 剖面流速仪	旋桨式流速仪	声学多普勒 剖面流速仪	旋桨式流速仪	
焦石	8 月 22 日	79.50	81.40	2.46	2.47	2.33
	9 月 16 日	77.70	77.70	2.29	2.58	0.00
	8 月 22 日	24.80	25.70	1.52	1.53	3.50
东干	8 月 29 日	69.70	70.70	2.07	2.29	1.41
	9 月 16 日	34.10	35.50	1.75	1.74	3.94
	9 月 20 日	35.60	37.20	1.79	1.80	4.30
	9 月 22 日	27.10	28.10	1.65	1.63	3.56
二千	8 月 23 日	17.10	17.40	1.80	1.90	1.72
	9 月 19 日	15.40	15.30	1.75	1.79	0.65
	9 月 21 日	14.20	15.00	1.73	1.76	5.33
	9 月 23 日	12.50	12.00	1.66	1.69	4.17
天王渡	8 月 23 日	29.00	29.60	2.02	2.87	2.03
	9 月 14 日	25.80	26.00	2.24	2.82	0.77
	9 月 23 日	32.80	34.30	2.47	3.13	4.37
王家洲	9 月 22 日	79.80	79.60	2.33	2.51	0.25
莲塘渡槽	9 月 2 日	21.80	21.40	2.08	2.21	1.87

GB50179-93 对流速仪的比测误差(5%)规定,说明声学多普勒剖面流速仪测流精度可靠,适用于宽水面的渠道测流,相对于旋桨式流速仪来说测量精度高。但在断面较窄的矩形渠道中测流误差较大,且携带不方便。

一般来说,声学多普勒剖面流速仪在进行流量测验

时的误差来源有:

(1)走航式流量测验误差(船速测量误差、仪器安装偏角产生的误差、仪器入水深度测量误差;水位涨落率大时:相对的测流历时较长所引起的流量误差,水位、水深、水边距离测量误差,采用流速分布进行盲区流速

插补产生的误差等)；

(2)垂向代表线法流量测验误差(水位水深测验误差、流速脉动引起的垂线流速测量误差、实测流速与断面平均流速的关系误差、借用断面面积和断面实际面积之间的误差等)；

(3)横向流量测验误差(水位测量误差、流速脉动引起的流速测量误差、借用断面面积与断面实际面积之间的误差、横向流速实测区间的代表性误差等)；

(4)船测多线法流量测验误差(水位、水深、起点距测量误差、流速脉动引起的垂线流速测量误差、水位涨落率大,相对的测流历时较长所引起的流量误差、测速垂线数目不足导致的误差等)。

根据应用分析,在利用传统的旋桨式流速仪进行断面流量测验时,要严格地按照水文测验规范选择测流断面与布设测流垂线。这样才可以尽可能减少测验时的误差,对于水深较小的断面,通常采用一点法进行测量,但是要通过精测法进行检验,以确保测量的精度。

CF 微型电脑流速仪和常规旋桨式流速仪测量流量原理和方法基本相同,但在测点的流速测定时间上存在差别,精测法使用旋桨式流速仪,每个测点的历时要达到 100 s,而使用 CF 微型电脑流速仪,单个测点的历时一般为 3 ~ 15 s。使用 CF 微型电脑流速仪比使用常规旋桨式流速仪进行测流,使用时间可以减少 70 %。由于 CF 微型电脑流速仪尺寸小,测杆短,适用于在小的斗渠和农渠及毛沟渠道进行流速流量测验。

常规旋桨式流速仪为传统的流速测定仪器,由测点

的流速推求测线的流速,从而推求断面的流量。直读式流速仪在进行渠道流量测验时,对于较小渠道断面流量进行测验时,由于读数精度不够,相对来说误差会比较大,超出了流量测验误差(5 %)的规定。

在选择其它非传统的流速测验方法时,必须通过与传统的测验方法进行对比分析,只有达到精度要求,方可进行流量测验。

2.2 渠道水利用系数计算

渠道水利用系数是指某一渠道在中间无分水的情况下,渠道末端的净流量与进入渠道毛流量的比值。

为更好地研究渠道水利用系数快速测定技术,我们选择赣抚平原灌区西总干渠为典型渠道,开展渠道水利用系数测算的研究工作。其中西总干渠全长 70.00 km (L),选择典型代表渠段(焦石至王家洲段)长度 11.00 km (ΔL),其间分水渠道为西总干一支。按照渠道水利用系数测量方法,我们分别选用了超声波流速仪和传统的转子 LS1206B 型流速仪进行流速流量测验。

通过两种仪器测定渠道流量,得到所需要的数据。然后在渠道水利用系数的计算与应用中,分别采用“损失系数法”的计算公式(1)、(2)和“利用系数法”的计算公式(3),进行渠道水利用系数测量计算,得到赣抚平原灌区西总干渠道水利用系数的结果。

将渠道代表渠段的多次流量测验结果代入公式,测算出赣抚平原灌区西总干渠相应的渠道的水利用系数,表 5 为西总干渠道水利用系数的测定计算表。

表 5 西总干渠道水利用系数的测定计算表

表 5 西总干渠道水利系数的测定计算表											m ³ /s	
日 期	焦石			王家洲			西总干一支			渠道水 利用系数	备注	
	起始时间 终止时间	流量 $Q_{\text{首}}$	平均流量	时间	流量 $Q_{\text{尾}}$	平均流量	时间	流量 q_i	平均流量			
8 月 29 日	9: 40	79. 20	79. 00	9: 32	75. 90	75. 60	11: 13	1. 38	1. 38	0. 85	流速仪	
	11: 10			11: 08			11: 24					
	11: 15	78. 30		11: 31	75. 10		12: 48	1. 37				1. 38
	12: 34			12: 52			12: 57					
	14: 52	79. 60		15: 02	75. 80		16: 28	1. 38				
	16: 28			16: 35			16: 37					
9 月 5 日	9: 38	76. 80	77. 00	10: 16	74. 10	74. 30	10: 35	0. 75	0. 75	0. 85	声学 与 流速仪	
	9: 55			10: 35			10: 44					
	11: 01	77. 80		11: 32	74. 80		11: 54	0. 76				0. 75
	11: 17			11: 50			12: 03					
	14: 11	76. 40		14: 50	74. 10		15: 11	0. 74				
	14: 28			15: 08			15: 21					

注:9 月 5 日在焦石断面和王家洲断面使用声学多普勒剖面流速仪测流,在西总干一支使用普通旋桨式流速仪测流。

通过上述数据分析可知:运用超声波流速仪以及传统的转子 LS1206B 型流速仪所测得西总干渠道水利用系数均为 0.85, 比较超声波流速仪以及传统的转子 LS1206B 型流速仪的测量数据, 在保证测量精度的前提下, 使用超声波流速仪的测量时间较传统的转子 LS1206B 型流速仪有大幅度的减少, 从而可大大地提高工作效率。

3 结 语

影响渠道水有效利用系数的因素有: 渠床土质、渠道断面、衬砌形式、渠道流量和工作制度等。在开展渠道水利用系数测算时, 通过对灌区渠道调查, 选择一定长度具有代表性的典型渠段, 利用适合的测量仪器设备和测量方法, 可达到快速测定渠道水利用系数的目的。

灌区在开展渠道水利用系数测定工作中, 必须严格按照国家有关部门制定的规范和标准来执行, 应根据各自灌区的特点, 选择适宜的渠道水利用系数测定方法、渠道流速流量测定仪器及计算渠道水利用系数的公式。通过渠道水利用系数测定, 能更好地为灌区的工程管理和生产管理提供技术服务, 促进灌区续建配套和节水改

造工作以及农村小型水利工程工作的有序开展。

针对灌区渠道的不同条件, 采用动水法, 结合不同的测流仪器, 可以快速测定出渠道水利用系数。在渠道宽度大于 8.00 m 时, 且边坡渐变情况下, 使用声学多普勒剖面流速仪测定, 较传统的旋桨式流速仪能减少约 50% 的使用时间。但在窄小矩形渠道上, 不建议使用声学多普勒剖面流速仪。在水深小于 1.50 m 的渠道, 条件允许的情况下, 使用 CF 微型电脑流速仪, 较传统的旋桨式流速仪, 可减少 70% 的使用时间。在渠道水流速较小的渠道, 不建议使用直读式流速仪。在衬砌条件良好的小渠道, 可选没有壅水自由流态的对称断面, 通过精测法的对比检验来选择中垂线单点流速的位置, 采用一点法推求断面流量, 从而快速测得渠道水利用系数。

参考文献:

- [1] 申佩佩, 杨路华, 谢晓彤, 等. 渠道水利用系数计算方法与误差分析[J]. 节水灌溉, 2013(10): 67 ~ 70.
- [2] 陆正家. 关于渠道水利用系数的测定及其计算方法的探讨[J]. 广西水利水电, 1982(4): 47 ~ 51.

编辑: 张绍付

Study on rapid determination of channel water use coefficient method

LIANG Ju

(The Centre of Irrigation Experiment Station in Jiangxi Province, Nanchang 330201, China)

Abstract: Channel water utilization coefficient is an important indicator to measure channel water delivery efficiency and level of water - saving management, as well as the iconic indicators of the changing irrigation area and the development of the water - saving irrigation. Ganfu channels at all levels to test the original irrigation channels, combined with the practical application of a variety of channels flow velocity measurement instruments, to channel the flow test, and comparative analysis, as well as channels for water use coefficient measurements using moving water law. The determination is discussed how to fast determination of canal water utilization coefficient.

Key words: Irrigation area; Channel; Water utilization coefficient; Flow meter

翻译: 梁 举