

文章编号: 1007-4929(2009)11-0068-03

超声波水位流量计在灌区的应用

吴振峰, 霍志学

(山西省洪洞县霍泉水利管理处, 山西 临汾 041606)

摘要:通过对灌溉渠道流量监测方法的原理分析,结合霍泉 3 条干渠的实际情况和历史测流数据,通过分析计算得出了合理有效的水力学公式,并很好地与超声波水位流量计相结合,实现了水量的自动计量和传输,有效地解决了霍泉 3 条干渠的用水管理问题。

关键词:超声波;灌区测流;流量测量;超声波水位流量计

中图分类号:S274.4 **文献标识码:**B

1 灌区概况

霍泉位于洪洞县城东北 15 km 处的广胜寺霍山南麓。地理位置东经 111°47'30", 北纬 36°17'30", 泉口高程 581.6 m, 多年平均流量 3.25 m³/s, 现有流量 2.88 m³/s, 是山西省著名的盐溶大泉。

泉内比较大的出水点 20 余处, 其余小出水点呈蜂窝状出流, 无以数计。泉水集中在人工修建的矩形泉池内, 由渠道及管道引出, 现有南干、北干、中干 3 条渠道及山西焦化集团工业生活供水、1 个县城生产生活管道出水口, 担负着 1.533 万 hm² 农田灌溉和向山焦集团工业供水、洪洞县生产生活供水的重要任务, 是本县重要的水源地之一。

2 应用情况说明

通过建设自动化系统来实现泉源上南干、北干、中干 3 条渠道的水量自动计量和传输, 3 条渠道基本情况见表 1。

表 1 3 条渠道基本情况

渠道名称	渠道尺寸 (宽 × 深)/ (m × m)	正常流速/ (m · s ⁻¹)	正常水位/ m	设计流速/ (m · s ⁻¹)	纵坡
北干	2.0 × 1.85	0.90	0.89 ~ 0.90	3	1/330(倒坡)
中干	2.4 × 1.10	0.45	0.25	3	1/600(倒坡)
南干	2.3 × 1.90	1.20	1.10 ~ 1.20	2	1/3 000

3 渠道流量监测原理分析

3.1 渠道流量监测方法介绍

流量一般无法直接观测, 主要是在流速和水位测定的基础

上根据特定的关系式计算出流量。常用的方法有流速面积法、水力学法、化学法、物理法。

(1) 流速面积法。根据流速测定和断面测定计算流量。

(2) 水力学法。根据水位流量关系, 由测得的水位代入水力学公式求算流量。

(3) 化学法。将已知量的可溶性指示剂注入河水中, 由于水流作用使指示剂在水中扩散, 通过测定指示剂在水中的浓度推算流量。

(4) 物理法。根据某种物理量在水中的变化情况, 测定河流的断面和水流的平均流速, 再计算流量。如超声波法、电磁感应法、光学法等。

在实际应用中最为常用的观测流量的方法是流速面积法、力学法和物理法。流量大于 10 m³/s 的渠道, 一般采用流速面积法, 以保证测量精度; 流量为 1 ~ 10 m³/s 的渠道面广量大, 测流应求简便, 优先考虑力学法, 利用建筑物量水。

3.2 自动化测流仪器介绍

自动化测流仪器也是利用上面的原理进行测流的, 从原理上可分为 2 大类: 一类是利用流速面积法及物理法, 一类是利用力学法。

利用流速面积法测流的仪器一般分为 2 部分: 一部分测量流速, 一部分测量断面面积, 从而计算出流量。测量流速部分有超声波(时差法、多谱勒法)、电磁感应等。此类设备造价很高, 安装复杂, 精度较高, 多用于较宽的渠道或河道, 进行多点测流。

利用力学法测流的仪器是测量水位, 然后根据相应的公式测算流量, 测量水位有压力式、浮子式、超声波式等。此类设备造价较低, 安装方便, 但精度根据量水建筑物而不同, 多用于小型渠道, 配合量水建筑物使用。

收稿日期: 2009-06-08

作者简介: 吴振峰(1972-), 男, 助理工程师, 现从事水工建筑设计和灌溉管理。

3.3 测流方案选择

根据霍泉灌区实际情况,南干、中干、北干 3 条渠道都比较规则,且有历年的人工观测资料,所以我们选用超声波水位流量计,通过资料分析得出水位~流量关系表,然后安装超声波水位流量计自动通过水位~流量关系表测算出实时流量,并进行累计。

超声波水位流量计直接测量的物理量是液位。用于明渠测流量时,在明渠上安装量水堰槽,量水堰槽把明渠内流量的大小转成液位的高低。仪表测量量水堰槽内的水位,再按相应量水堰槽的计算公式或水位~流量关系反算出流量。

仪器的探头安装在量水堰槽水位观测点位置上,测量流经量水堰槽的水位。在仪器安装时,把相应量水堰槽的水位~流量关系输入主控制器。仪器的主控制器由测出的水位,用查表法求出对应的流量值。数表中两相邻数值之间的数,用线性插值法求出,见图 1。

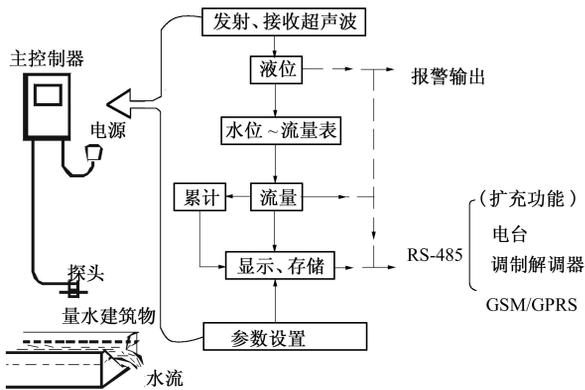


图 1 测流原理

超声波指向性强,能量消耗缓慢,在介质中传播的距离较远,因而超声波经常用于距离的测量。利用超声波检测往往比较迅速、方便、计算简单、易于做到实时控制,并且在测量精度方面能达到实用的要求。

因此,采用超声波水位流量计与渠道量水建筑物相结合,进行流量计量是非常经济可靠的,并且是切实可行的。

4 渠道量水解决方案分析

4.1 南干渠量水解决方案

南灌干渠渠首建有巴歇尔槽,但由于建筑尺寸不规范,其量水精度将受到较大影响,直接采用原流量公式计算流量会产生较大误差。因此我们利用已有巴歇尔槽作为断面控制,以 2006 - 2008 年积累的 183 次流速仪测流资料为基础,分析建立水位~流量关系,经误差分析合格后用于该渠道量水。

(1) 数据分析处理。对 2006 - 2008 年积累的 183 次测流资料采用渐近法进行回归分析,有效点据为 109 个。水位~流量关系式为: $Q = 1.215 H^{3.4509}$ 。

(2) 误差分析结果。累积频率 95% 的误差为 4.850%,累积频率 75% 的误差为 3.290%,平均误差为 2.174%,系统误差为 0.033%。满足流量观测要求。

(3) 结论。在保持原渠道工程及巴歇尔量水槽不变的情况下,可以利用原水尺进行量水。实现自动量水可采用流量

公式:

$$Q = 1.215 H^{3.4509}$$

(4) 应用条件。水尺的位置和零点不变。

4.2 中干渠量水解决方案

中干渠首建有无吼段量水槽,比较规范。积累原始流量观测数据 56 次。经分析,数据资料分布规则。建议利用原有公式进行流量测算或根据 56 次观测数据重新分析水位~流量关系,建立新的流量公式推算流量。

(1) 数据分析处理。对 56 次测流资料进行回归分析,全部为有效点据。分析得出水位~流量关系式为:

$$Q = 3.8345 H^{1.5484}$$

(2) 误差分析结果。累积频率 95% 的误差为 2.352%,累积频率 75% 的误差为 0.595%,平均误差为 0.613%,系统误差为 0.005%。满足流量观测要求。

(3) 结论。在保持原渠道工程及无喉段量水槽不变的情况下,以下 2 种方法均可用于实现自动量水,量水方案可以任选其一: 利用原有公式进行量水; 利用新公式 $Q = 3.8345 H^{1.5484}$ 进行量水。

(4) 应用条件。水尺的位置和零点不变。

4.3 北干渠量水解决方案

北干渠前段为暗渠,渠道深度 1.85 m,渠道桩号 0+000~0+889 段的平均纵坡为 1/3000,量水断面处(桩号 0+065.5)的渠底高程比渠首(桩号 0+000)处高 0.23 m。桩号 0+115 以下的渠道纵坡约为 1/1500。

根据该渠道的工程条件情况,该渠在通过正常输水流量 $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,水深为 0.89~0.90 m,渠道超高约为 0.95 m,允许滩水的高度较大。量水方案拟在原量水断面处设置全宽薄壁堰。为保证流量测算精度,采用自由流态设计。

4.3.1 结构设计

经设计计算,全宽薄壁堰高度 $P_1 = 0.6 \text{ m}$,宽度与量水断面处的渠道宽度一致,即 $B = 2.15 \text{ m}$ 。

(1) 全宽堰的堰上水舌与行近渠道等宽,没有侧收缩现象。使水舌下保持为大气压力,需在堰槛下的两边侧墙上各开一个通气孔,如图 2 所示。通气孔的面积为最大水头时堰上过水断面积的 1/10~1/20。

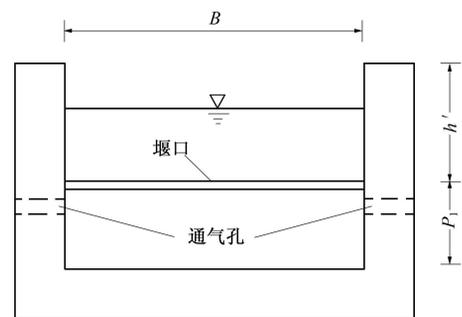


图 2 全宽薄壁堰

(2) 堰顶应经常保持良好的表面光洁度。薄壁堰的堰口宜用工厂加工的整体金属构件,或用不锈钢、低碳钢或铸铁加工的堰板(钢板厚度在 5 mm 以上为好,以保证它有足够的强度和韧度),薄壁堰的堰顶表面光洁度应相当于滚轧金属板的光

洁度。

(3) 堰板强度应能承受最大流量而不致变形或损坏,建议采用角钢加肋。

(4) 堰顶厚度应为 1~2 mm。堰板厚度大于 1~2 mm 时,堰口要加工成锐缘,倾斜面在下游,斜面与缺口顶部及侧面的夹角不小于 45°。

(5) 堰板上游的行近渠道两侧墙应竖直并相互平行,表面平整光滑。

(6) 水尺设置位置在堰板上游,与堰板安装位置的距离为 2 m。

4.3.2 流量计算

采用肯斯瓦特-卡特公式:

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} B h_e^{1.5}$$

$$C_d = 0.602 + 0.075 \frac{h}{P_1}$$

式中: Q 为过堰流量, m^3/s ; C_d 为流量系数; g 为重力加速度, m/s^2 ; B 为堰口宽度, m ; h 为实测的堰上水头, m ; P_1 为相对于上游渠底的堰顶高度, m ; h_e 为有效水头, m , $h_e = h + k_h$, $k_h = 0.001 m$, 可忽略, 即 $h_e \approx h$ 。

公式适用条件: $h/P_1 < 2.5$; $h < 0.03 m$ 。

当 $B = 2.15 m$, $P_1 = 0.60 m$ 时, 流量公式为:

$$Q = 6.348 h^{1.5} (0.602 + 0.125 h)$$

精度: 全宽堰的测流精度主要取决于水头观测和宽度测量的精度, 以及所采用的流量公式和流量系数是否合适。若按规定的要求进行安装, 在公式适用范围内, 流量系数所引起的不确定度 X_{ω} (置信水平为 95%) 为: $h/P_1 < 1$ 时, $X_{\omega} = 1.5\%$; $h/P_1 = 1 \sim 1.5$ 时, $X_{\omega} = 2\%$; $h/P_1 = 1.5 \sim 2.5$ 时, $X_{\omega} = 3\%$ 。

4.3.3 安装养护

(1) 全宽堰必须竖直并垂直于渠道边墙, 堰板与渠道边墙及底板的交接处必须牢固和不透水, 迎水壁面应光滑平整。各部分装置应准确牢固, 且不致因水流和温度的变化而腐蚀变形。

(2) 应做好基础处理, 保证安装质量, 不致因各种原因发生倾覆、滑动、断裂、沉陷和漏水的情况。为防止可能发生的下游冲刷, 可建造消能池。

(3) 薄壁堰安装后要要进行竣工测量, 经验收合格后方可使用。各部位尺寸的允许偏差应符合下列规定: 堰宽的允许偏差为 0.2%, 该宽度的且最大绝对值不大于 0.01 m; 堰高的允许偏差为设计堰高的 1%, 且最大绝对值不应大于 0.002 m。

(4) 堰槽在使用期间应注意养护防止损坏, 要有有效的防淤防腐防冻和防裂措施。要经常检查校测, 防止变形, 保持各部位尺寸的准确和表面良好的光洁度, 当发生槽底淤积或堰顶上粘贴有漂浮物时应及时清洗。

5 应用效果评价

我们本次建设的渠道流量计量系统经过一段时间的使用, 其精度和稳定性都能达到使用的要求, 与灌区历史数据基本吻合。并通过和调度管理系统相结合, 提高了灌区的管理效率, 为灌区调度决策提供了稳定可靠的依据和先进的手段。

采用超声波水位流量计与量水建筑物相结合的方法来计量水量在经济性、实用性、稳定性等各方面都是值得推广的。一般灌区在渠道上都有自建的量水建筑物, 采用超声波水位流量计投资少、见效快, 能与灌区原有的计量工作结合起来。

参考文献:

(上接第 55 页)

- [1] 赵振兴. 水力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] 蔡勇, 周明耀. 灌区量水实用技术指南[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [3] GB/T 21303-2007, 灌溉渠道系统量水规范[S].
- [4] 王竹青. 超声波流量计在大型渠道测流中的应用[J]. 节水灌溉, 2007, (2): 63 - 64.
- [5] 赵志贡, 李舒瑶, 荣晓明. HW-1000C 型非接触超声波自记水位计比测试验分析[J]. 中国农村水利水电, 2007, (5): 131 - 132.
- [6] Zhi Wang, William A Jury, Atac Tuli, et al. Unstable flow during redistribution: controlling factor and practical implications[J]. Vadose Zone Journal, 2004, (3): 549 - 559.
- [7] William A Jury, Zhi Wang, Atac Tuli. A conceptual of unstable flow in unsaturated soil during redistribution[J]. Vadose Zone Journal, 2003, (2): 61 - 67.
- [8] 杨金忠. 野外非饱和土壤水流运动速度的空间变异性及其对溶质运移的影响[J]. 水科学进展, 1994, (5): 9 - 17.
- [9] 程竹华, 张佳宝, 徐绍辉. 黄淮海平原三种土壤中优势流现象的试验研究[J]. 土壤学报, 1999, 36(2): 154 - 161.
- [10] 刘亚平, 陈川. 土壤非饱和带中的优先流[J]. 水科学进展, 1996, 7(1): 85 - 89.
- [11] Huang Zhida. Wetting front instability analysis of infiltration in layered porous media [J]. Math Research, 1998, 6(2): 122 - 131.
- [12] 史文娟, 汪志荣, 沈冰, 等. 非饱和土壤中指流的研究进展[J]. 西北农林科技大学学报, 2004, (7): 128 - 132.
- [13] 张建丰. 黄土区层状土入渗特性及其指流的实验研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2004: 58 - 86.
- [14] 张建丰, 王文焰. 砂层在黄土中发生指流条件的试验研究[J]. 农业工程学报, 2008, (3): 82 - 86.
- [15] 李怀恩, 拦继元, 史文娟, 等. 层状土壤指流实验研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, (11): 111 - 115.
- [16] 李贺丽, 李怀恩, 王智, 等. 多孔介质中指流的研究综述及展望[J]. 土壤, 2008, 40: 27 - 33.
- [17] 张建丰. 黄土区层状土入渗特性及其指流的实验研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2004: 14 - 15.
- [18] 拦继元, 李怀恩, 史文娟, 等. 西北地区三种典型土壤入渗特性对比研究[C]. 沈冰. 中国第三届水问题论坛. 西安: 中国水利水电出版社, 2005: 489 - 493.
- [19] Wang Z, Jury wA, Atac L, Kim DJ. Unstable flow during redistribution: controlling factors and practical implications[J]. Vadose Zone Journal, 2004, (3): 549 - 559.
- [20] Hill D E, J Y Paroling. Wetting front instability in layered soils [J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1972, 36: 697 - 702.
- [21] 张建丰. 黄土区层状土入渗特性及其指流的实验研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2004.