

不同断面形式的灌渠过水流量分析

陈 龙

(中地国际工程有限公司, 北京 100093)

摘 要: 运用水力学中水渠流量计算方法,对7种不同断面类型的水渠进行数值模拟.比较相同的过水流量下各水渠的优点,得出在相同的过水流量条件下,U型水渠具有占地面积少的优点.数值模拟结果发现不同断面形式的水渠过水量与水位深度呈相关性.使用SPSS统计分析软件推算各类水渠的过水量与水位深度的拟合函数方程,其中梯形断面水渠与U形断面水渠的水流量与水位深度呈一次函数的线性相关,而其它断面水渠呈二次函数的曲线相关.

关键词: 水渠;数值模拟;过水流量;函数方程

中图分类号: TV133

文献标识码: B

文章编号: 1004-4701(2015)04-0291-04

0 引言

灌渠是农田水利一个必不可少的部分,灌渠的定义是指从水源地取水后将水输送到灌溉地,以满足作物对水需求的水工建筑物.灌渠一般建造在地势较高的地面上,便于输水和提高灌水工作效率^[1-3].我国大部分地区属亚热带季风气候,季节性降雨常常导致农田旱涝交替.兴修农田水利设施可减少这种旱涝交替现象对农田作物的影响,使作物能稳产保收^[4,5].水渠是这些农田水利设施中非常重要的部分,起到引水、调水、灌溉等作用,这些措施能调节水资源的时空分布,为农业生产创造良好条件^[6].但建成的渠道中出现一个普遍的问题,即过流能力不足,无法满足作物的用水需求.水渠的过水流量是水渠设计中一个重要的因素,是灌水模数和灌溉面积的依据.

水力学中流量指单位时间内通过某一过水断面的水量,常用符号 Q 表示,单位一般用 m^3/s , L/s , m^3/h .灌溉实践中,渠道的流量是在一定范围内的变化,设计水渠时根据过水流量确定水渠断面大小,计算断面尺寸时,要考虑加大流量和最小流量对渠道的影响^[7-10].图1~图7是各水渠的断面形状,这里比较了7种不同断面的水渠在明渠均匀流状态下流量的变化.

1 渠道的不同断面类型的水力计算

根据灌区面积大小计算出灌渠的设计流量、最小流量和加大流量即可据此设计灌渠的断面.以往设计的水渠断面以梯形断面最多,现在出现了将水渠断面设计成U形、弧底梯形、矩形、弧形坡角梯形、反弧形和抛物曲线边坡形.这些水渠的过水流量差异较大,通过数值模拟可计算出各类水渠的水力参数.

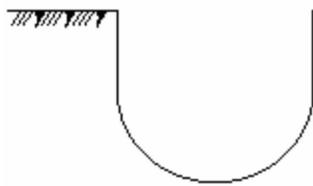


图1 U形断面水渠

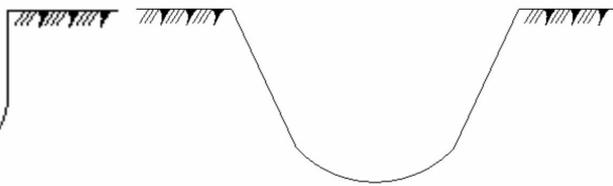


图2 弧底梯形断面水渠

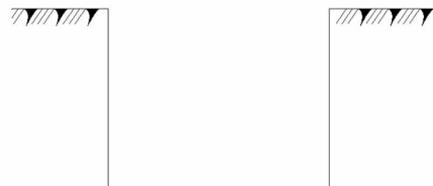


图3 矩形断面水渠

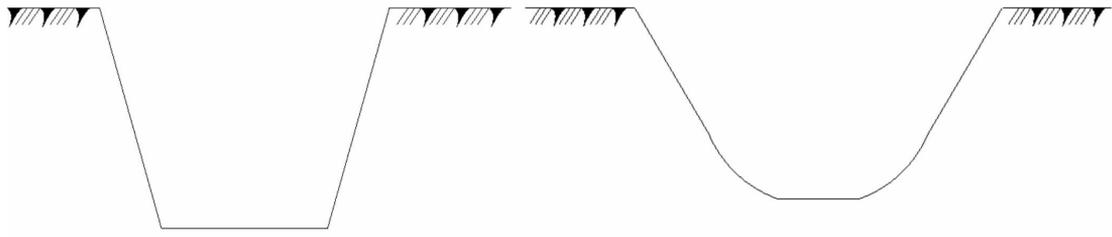


图4 梯形断面水渠

图5 弧形坡角梯形断面水渠



图6 反弧形断面水渠

图7 抛物曲线边坡形断面水渠

表1 不同断面水渠的水力计算表

水渠计算参数	渠1	渠2	渠3	渠4	渠5	渠6	渠7
流量/(m ³ /s)	2.000	2.001	2.000	2.001	2.001	2.000	2.000
底宽/m	0.0	0.0	2.0	1.0	0.2	1.0	0.0
圆弧半径/m	0.9	0.9	0.0	0.0	0.9	2.0	0.9
边坡系数/m	0.00	2.00	0.00	0.75	2.00	0.00	0.00
圆弧圆心角/°	180.00	53.13	0.00	0.00	26.57	57.78	180.00
倾角	0.00	63.43	0.00	36.87	63.43	0.00	0.00
糙率	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 2
水深/m	1.534	1.027	1.254	1.250	1.005	1.692	1.487
流速/(m/s)	1.534	1.027	1.254	1.25	1.005	1.692	1.534
过水面积/m ²	0.828	0.765	0.797	0.826	0.759	0.763	0.828
湿周/m	2.414	2.616	2.509	2.422	2.637	2.622	2.414
水力半径/m	4.096	5.004	4.509	4.125	5.104	5.034	4.096
谢才系数	0.589	0.523	0.556	0.587	0.517	0.521	0.589
弓形高度/m	76.3	74.79	75.58	76.26	74.65	74.75	76.3
弓形以上高度/m	0.900	0.095	0.000	0.000	0.095	0.000	0.900
水面宽/m	1.800	4.535	2.000	2.875	4.644	2.867	3.211
断面形式	U形	弧底梯形	矩形	梯形	弧形坡角梯形	反弧形	抛物曲线边坡形

2 结果分析

表1是在设计流量均为2 m³/s的情况下不同断面形式水渠的参数比较,设计比降选用规范规定的常用值

0.000 2。通过表中数据可知7种类型的水渠,反弧形断面水渠在过水流量为2 m³/s时,水深 h 最大,当糙率、设计比降均相同的情况下流量 Q 最小。由于反弧形断面水渠输水流量小,因此国内设计这类水渠较少。但国外有一些水渠却采用此反弧形断面水渠,这种类型水渠边坡适合植物生长,可建成生态水渠。从表1中计算数据可

知U形水渠的水力半径最大,水渠设计的一般原则是水力半径越大越好,所以U形断面水渠在相同的过水流量下水面宽度最小,水渠占地面积少。但U形水渠的水深最大,在设计流量 $2\text{ m}^3/\text{s}$ 下其水深达 1.534 m ,因此U形水渠需开挖较深。另一方面U形水渠的底边坡是半圆弧形,上边坡垂直于渠底,当水渠开挖深度较大时要考虑水渠上边坡的稳定性。弧底梯形水渠是将渠道的上边坡按合理的边坡系数进行放坡,渠底是一个圆心角小于 180° 的圆弧。弧底梯形水渠过水流量为 $2\text{ m}^3/\text{s}$ 时水位深度小,过水面积较大。但其水面宽度也大,水渠占地面积多。弧形坡角梯形水渠是将梯形水渠底部两个边角改成弧形而设计出的一种水渠,该水渠在同类型水

渠中过水流量相同时水位深度最小,即水渠开挖最浅。矩形水渠和梯形水渠是水渠设计中应用最多的两类水渠,通过表1中的水力分析发现两者在过水流量相同的情况下,水渠水位深度差异小且介于其它5种类型水渠之间。相同的过流量下水渠的水面宽度对比,梯形水渠大于矩形水渠。抛物曲线边坡形水渠是根据水力最佳断面设计的一种水渠,该类型水渠在过水量相同时水位深度低、水面宽小,是一种理论上较合理的水渠,但由于其施工复杂,所以应用得较少。

采用数值模拟法对水渠的过水流量与水位深度进行分析,本次模拟选取设计流量为 $0.3\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.6\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.9\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1.2\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1.5\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $1.8\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $2.1\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $2.4\text{ m}^3/\text{s}$,每

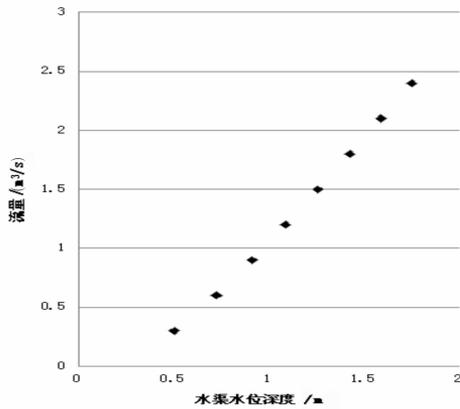


图 8 U 形断面水渠水位深度与流量的关系

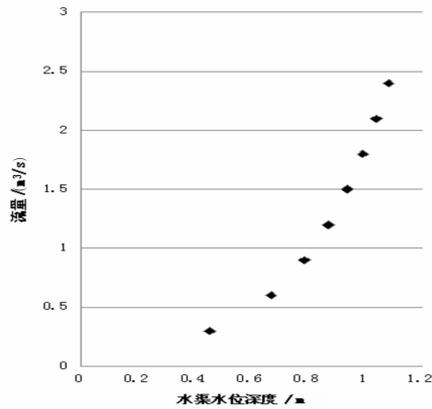


图 9 弧底梯形断面水渠水位深度与流量的关系

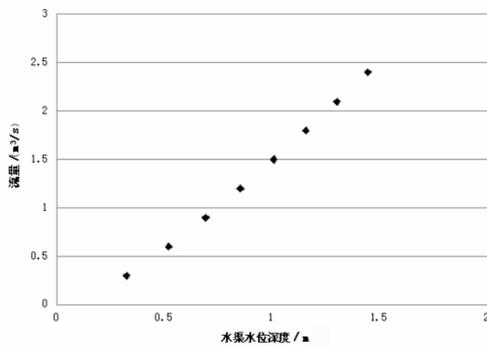


图 10 矩形断面水渠水位深度与流量的关系

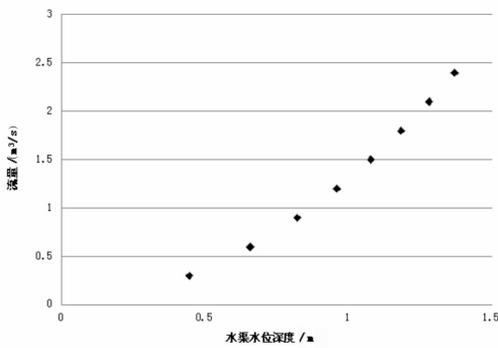


图 11 梯形断面水渠水位深度与流量的关系

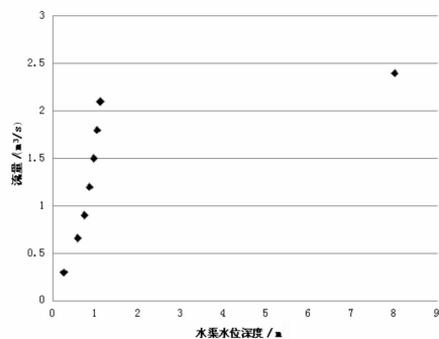


图 12 弧形坡角梯形断面水渠水位深度与流量的关系

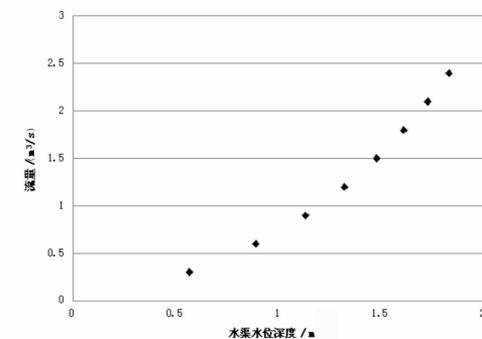


图 13 反弧形断面水渠水位深度与流量的关系

类水渠以8种不同大小流量分别计算出各自的水位深度。

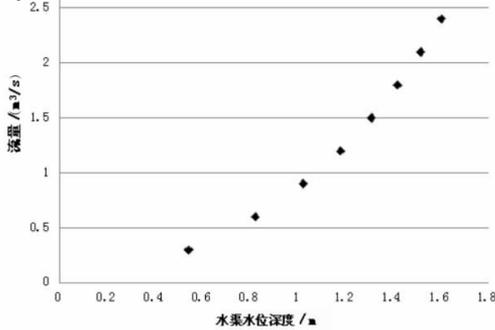


图14 抛物曲线边坡形断面水渠水位深度与流量的关系

图8~图14是描出各类水渠水位深度与流量的散点

分布图,将图中数据导入SPSS软件,进行数学方程模拟,计算出流量 Q 与水位深度 h 的函数方程。由图8与图10中的散点图可以看出其拟合方程是呈线性相关,因此用SPSS软件作数据处理时,选用线性回归分析。其余5个散点图均呈曲线相关,则选用曲线回归分析。曲线估计模型选用软件中的Quadratic模型:拟合二次方程 $Y=a_0X^2+a_1X+a_2$ 。拟合出自变量 X 与 Y 的函数关系式。这里的自变量为水位深度 h ,应变量为流量 Q , a_0,a_1,a_2 为方程的拟合参数。因此该拟事方程可写为 $Q=a_0h^2+a_1h+a_2$ 。

表2是通过SPSS软件分析所得到的结果,模拟结果中的参数中 R^2 表示拟合的曲线方程与散点分布图中各点位置的接近程度。 R^2 越接近1表示拟合程度越高,通过表2中数据发现梯形断面水渠与该曲线方程完全拟

表2 不同断面形式水渠拟合参数表

水渠断面类型	流量 Q	a_0	a_1	a_2	拟合优度 R^2
U形	2.000	0.000	1.703	-0.618	0.998
弧底梯形	2.000	5.198	-4.746	1.399	0.999
矩形	2.000	0.000	1.889	-0.375	0.997
梯形断面	2.000	1.257	-0.018	0.062	1.000
弧形坡角梯形	2.000	1.687	-0.105	0.409	0.987
反弧形	2.000	0.888	-0.501	0.314	0.999
抛物线曲面边坡形	2.000	1.289	-0.821	0.379	0.999

合,即表明该断面形式水渠流量与水位深度是函数关系。弧形坡角梯形中拟合优度 $R^2=0.987$,小于其它六类水渠,其拟合度仍然大于0.9表明该拟合具有高度的函数相关性。从表2中推求出各个不同断面形式的水渠流量与水位的函数方程:

$$Q_1=1.703h-0.618$$

$$Q_2=5.198h^2-4.746h+1.399$$

$$Q_3=1.899h-0.375$$

$$Q_4=1.257h^2-0.018h+0.062$$

$$Q_5=1.687h^2-0.105h+0.409$$

$$Q_6=0.888h^2-0.501h+0.314$$

$$Q_7=1.289h^2-0.821h+0.379$$

式中 $Q_1\sim Q_7$ 对应表1中渠1~渠7的流量, h 为水位深度。

3 结论与建议

在水渠设计中选择水渠断面形式时一般是根据设计流量进行选择,本文列举了7种不同类型的水渠断面

形式,得出相同的过水流量下U形水渠具有占地面积少的优点。弧底坡形断面水渠边坡稳定性高,过水流量小于U形水渠。7种水渠的过水流量与水位深度呈相关性,通过数值模拟探讨出7种断面水渠流量 Q 与水位深 h 的函数拟合方程。拟合的函数方程使水渠的水力计算更加精简,实际工程中可以根据该函数方程计算出水渠的输水流量与水渠开挖深度。文中仅对水渠做了数值模拟,由于水流的运动状况非常复杂,应再做模拟试验进行检验并校准流量与水位的推算方程,进而可以更加精确的指导农田水利中水渠的设计。

参考文献:

[1] 贺卫宁,陆先镭,胡远来.平流沉淀池前配水渠流态的数值模拟[J].中国给水排水,2013,29(7):56-58,63.

[2] 张立强,李晓英,秦莉.周进周二沉池配水渠参数计算方法探讨[J].河北工业大学学报,2007,36(5):83-88.

[3] 周利民,梁文经,古璇清,王鹭松.灌区明渠输水效率及其计量技术研究[J].广东水利水电,2006,(2):25-27.

[4] 郝飞麟,沈明卫.周边进水沉淀池配水槽设计方法的配水均匀性模拟研究[J].农业工程学报,2012,28(19):56-62. (下转第312页)