

浙江省主要类型渠道输水效率测定及查算表绘制

贾宏伟¹,郑世宗¹,赵小波¹,刘威琼²

(1. 浙江省水利河口研究院,杭州 310020; 2. 中国新型建筑材料工业杭州设计研究院,杭州 310003)

摘要:我国目前广泛采用的渠道输水效率(渠道水利用系数)估算方法不能满足当前实际工作的需要。在17个灌区97条渠道的渠道输水效率静水法测试基础上,建立了不同类型渠道过水能力(流量)与单位长度渠道输水效率的关系,绘制了浙江渠道输水效率查算表。该表涵盖了浙江省主要类型渠道,考虑了渠道运行年限和挖填方对渠道输水效率的影响,根据渠道流量直接查算每km渠道的输水效率,简单方便,精度比较高,能够满足实际需要。

关键词:渠道输水效率;渠道流量;静水法;渠道类型

中图分类号:S274 **文献标识码:**A

渠道输水效率,我国通常称之为渠道水利用系数,是渠道净流量与渠道毛流量之比,是灌区规划设计、节水改造及用水管理的基础参数,在农田水利工作中具有十分重要的地位。多年来,我国广泛采用考斯加可夫经验公式估算渠道渗水量,进而推算渠道输水效率^[1]。该方法已不能满足当前实际工作的需要,主要问题体现在两个方面:①最初该方法引进到我国时,由于条件限制,并未结合我国情况对相关参数进行全面的研究和修正,防渗渠道渗水量折减系数取值范围过大,地下水顶托修正系数实际工作中多为估算,计算结果误差比较大^[2-5];②老灌区节水改造、运行管理中都要涉及老渠道的渠道输水效率问题,渠道经多年运行,渠道工程状况与新建渠道有很大区别,输水效率也必然发生变化,而现有考斯加可夫经验公式也没有给定老旧渠道的相关参数^[4]。因此,通过系统地研究,绘制渠道输水效率查算表,是当前解决实际问题的迫切需要。

1 测试渠道及方法

1.1 测试渠道

浙江属典型的亚热带季风气候,年平均气温16.5℃,年平均雨量1622mm,降雨量时空分布不均。浙西的金衢盆地易遭受旱灾,全省灌区也主要集中在该地区。试验选择17个典型灌区进行,其中平原河网地区提水灌区3个(杭嘉湖平原区1个,萧绍甬平原1个,温黄平原1个),共测试渠道11条;丘陵盆地地区自流灌区14个,测试渠道86条,集中在金衢盆地。

选择了混凝土现浇新渠道、混凝土预制新渠道、混凝土一

般渠道、混凝土老化渠道、黏土挖方渠道、壤土挖方渠道、黏土填方渠道、壤土填方渠道及破损土渠等9类浙江灌区主要渠道类型,实测97条。各类型渠道均选正常养护下的渠道,其运行年限见表1。由于浙江灌区渠道流量超过3.0m³/s的不多见,本次测试流量主要集中在3m³/s以下。

1.2 测试方法

采用静水法测试渠道输水效率。测试渠段长30~50m,两端以黏土心墙及编织袋坝封堵,测试渠段外各设5m的保护区,保护区外亦筑土坝隔离。测试渠段内上游、下游及中间位置设立水尺及测针,进行水位观测。测试时向测试渠段及保护区渠中充水,使测试段的渗水情况与渠道实际渗水情况相似。渠道平均水深保持在测试水位,采用衡水位水位下降法渠道渗漏情况,直到渠道渗水达到稳定为止^[6]。测试水位为经常过流时的渠道水位。

基于静水测试法的渠道输水效率推算公式为:

$$E_{\omega} = 1 - \frac{\left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times 1000}{v \cdot \Delta T} \quad (1)$$
$$v = c \sqrt{Ri}$$

式中: E_{ω} 为1km渠长的渠道输水效率,km⁻¹; A_2 为加水前渠道断面面积,m²; A_1 为加水后渠道断面面积,m²; v 为测试水深对应的渠道水流流速,m/s; c 为谢才系数; R 为渠道断面水力半径; i 为渠底平均比降; ΔT 为渠道水位从加水后水位降至加水前水位所需要的时间,s。

2 测试成果分析

对9类渠道的渠道输水效率分析表明,同一类型渠道,渠道输水效率与渠道过流能力(流量)关系密切,随着流量的增大而增大,表现为幂形式关系,式(2)。各关系式相关系数0.84~

收稿日期:2012-07-25

基金项目:浙江省创新团队建设与人才培养项目(2010F20016)。

作者简介:贾宏伟(1971-),男,高级工程师,硕士,主要从事农村水利研究。E-mail:jia_hongwei@tom.com。

0.96(图1,表1),混凝土老化渠道显著性水平小于0.01,其余类型渠道显著性水平均小于0.005。

式中:Q为渠道流量,m³/s;α,β分别为模型系数和指数。

测试渠道中,渗水性黏土挖方渠道<混凝土现浇新渠道<混凝土预制新渠道<壤土挖方渠道<混凝土一般渠道<黏土

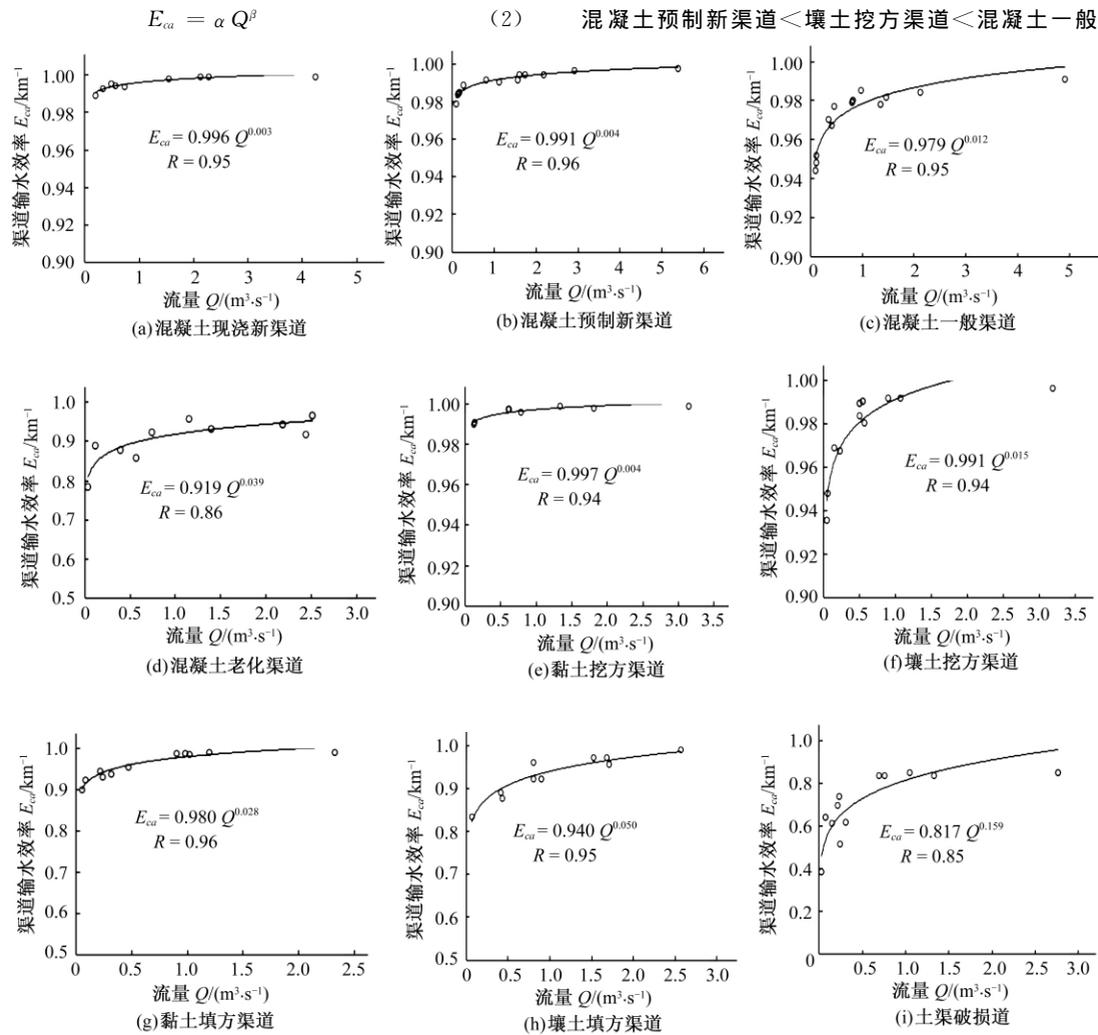


图1 不同类型渠道的渠道输水效率

Fig. 1 The conveyance efficiencies of different type canals

表1 渠道流量与单位长度渠道输水效率的关系

Tab. 1 The relationships between canal conveyance efficiency and flow

渠道类型	运行年限/a	测试渠道(条)	拟合公式	相关系数	显著性水平
混凝土现浇新渠道	0~5	9	$E_{ca} = 0.996 Q^{0.003}$	0.95	<0.005
混凝土预制新渠道	0~5	13	$E_{ca} = 0.991 Q^{0.004}$	0.96	<0.005
混凝土一般渠道	5~15	13	$E_{ca} = 0.979 Q^{0.012}$	0.95	<0.005
混凝土老化渠道	15年以上	10	$E_{ca} = 0.919 Q^{0.039}$	0.86	<0.01
黏土挖方渠道	5~20	8	$E_{ca} = 0.997 Q^{0.003}$	0.94	<0.005
壤土挖方渠道	5~20	11	$E_{ca} = 0.991 Q^{0.015}$	0.94	<0.005
黏土填方渠道	5~20	11	$E_{ca} = 0.980 Q^{0.028}$	0.96	<0.005
壤土填方渠道	5~20	10	$E_{ca} = 0.940 Q^{0.050}$	0.95	<0.005
破损土渠道	20年以上	12	$E_{ca} = 0.817 Q^{0.159}$	0.85	<0.005

填方渠道<壤土填方渠道<混凝土老化渠道<破损土渠道。式(2)中,系数α与模型指数β也是渠道渗水特征的反映。α取值在0.82~1.0之间,渠道渗水越严重,α值越低;β取值在0.003~0.160之间,渠道渗水越严重,指数β值越大。对个别

未测试类型渠道,可以参照此规律选定Q~E_{ca}关系式参数。

3 渠道输水效率查算表

我国目前估算渠道输水效率采用的是考斯加可夫经验公

式法,先根据考斯加可夫经验公式估算土渠渗水量,然后根据地下水位和衬砌类型选定修正系数进行修正,最后再从渗水量计算渠道输水效率,计算复杂而且误差比较大。

渠道过水能力(流量)是渠道断面大小、比降、渠床糙率等因素的综合反映,与渠道输水效率关系密切(图1、表1)。因此,以静水法实测数据为基础,根据 \sim 关系式适当外延,绘制了渠道输水效率查算表。该查算表根据渠道类型和流量,直接查算每 km 渠道的输水效率,查算简单、精度高,实际应用很方便。

在使用该表时,应注意以下几个问题:

(1)浙江省灌区渠道流量大多集中在 $3.00 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下,表中列出 0.01 、 0.05 、 0.10 、 0.30 、 0.50 、 0.80 、 1.00 、 1.20 、 1.50 、 2.00 、 2.50 、 3.00 、 4.00 、 $5.00 \text{ m}^3/\text{s}$ 几组流量的渠道输水效率,

介于各组流量之间的渠道输水效率,可以插值确定。大于 $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 的渠道,土渠破损渠道几乎没有,可不予考虑;混凝土老化渠道可近似取值 0.985 ;其余渠道可近似取值 0.999 。

(2)对已建渠道,渠道通常过水流量与设计流量往往有所偏差,该表渠道流量为渠道通常过水流量;对新建渠道,该表渠道流量为设计流量。

(3)表中仅列出混凝土现浇新渠道、混凝土预制新渠道、混凝土一般渠道、混凝土老化渠道、黏土挖方渠道、壤土挖方渠道、黏土填方渠道、壤土填方渠道、土渠破损渠道等 9 个浙江主要的渠道类型,其余渠道类型(除以下特别说明的渠道类型外),根据实际渗水特征,参照类似渠道类型由表 2 确定其渠道输水效率。

表 2 每 km 渠道输水效率查算表

Tab. 2 The unit length canal conveyance efficiency look-up table

流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	混凝土渠道				土渠道				
	混凝土现浇新渠道	混凝土预制新渠道	混凝土一般渠道	混凝土老化渠道	黏土挖方渠道	壤土挖方渠道	黏土填方渠道	壤土填方渠道	土渠破损渠道
0.01	0.982	0.973	0.926	0.768	0.983	0.925	0.861	0.747	0.393
0.05	0.987	0.979	0.944	0.818	0.988	0.947	0.901	0.809	0.507
0.10	0.989	0.982	0.952	0.840	0.990	0.957	0.919	0.838	0.567
0.30	0.992	0.986	0.965	0.877	0.993	0.973	0.948	0.885	0.675
0.50	0.994	0.988	0.971	0.894	0.995	0.981	0.961	0.908	0.732
0.80	0.995	0.990	0.976	0.911	0.996	0.988	0.974	0.930	0.789
1.00	0.996	0.991	0.979	0.919	0.997	0.991	0.980	0.940	0.817
1.20	0.997	0.992	0.981	0.926	0.998	0.993	0.985	0.949	0.825
1.50	0.997	0.993	0.984	0.934	0.998	0.994	0.988	0.959	0.850
2.00	0.998	0.994	0.987	0.944	0.999	0.995	0.991	0.973	0.861
2.50	0.999	0.995	0.990	0.952	0.999	0.997	0.993	0.984	0.878
3.00	0.999	0.995	0.992	0.959	0.999	0.998	0.994	0.989	0.895
4.00	0.999	0.997	0.995	0.970	0.999	0.998	0.995	0.992	0.912
5.00	0.999	0.998	0.997	0.979	0.999	0.999	0.996	0.994	0.921

(4)对混凝土渠道,根据浙江省灌区渠道调查的情况,在正常养护情况下,混凝土新修渠道一般指 5 年内按照相关技术标准修的养护良好的渠道;混凝土一般渠道是指断面完好,有少许裂缝,漏水轻微,一般运行年限为 5~15 年的渠道;混凝土老化渠道是指裂缝较多,漏水严重,一般运行年限超过 20 年的渠道。

(5)对土渠,浙江省近年来新修的土渠很少,因此这里将土渠分为一般土渠和破损土渠两大类。土渠破损渠道指渠道断面不完整,裂缝较多,漏水严重,运行年限超过 20 年;一般土渠为断面完好,有少许裂缝,漏水轻微正常,正常养护条件下一般运行年限为 5~20 年,但如养护比较差,漏水严重,则可以归入破损渠道。

(6)砌石混凝土抹面渠道在浙江省应用比较多,其渗水特征与混凝土预制渠道类似,归于混凝土预制渠道类型。

浙江省干砌石渠道多建于 20 世纪 90 年代以前,如能正常

运行,归于老化混凝土;破损的干砌石渠道,一般渠床土壤也已损坏,渗漏比较严重,渗漏特征土渠破损渠道近似,因此可归于土渠破损渠道。

新修浆砌石渠道归于混凝土一般渠道;经多年运行的浆砌石渠道,砌石缝隙防渗已损坏,可归于混凝土老化渠道;破损浆砌石渠道可归于破损土渠道。

(7)填挖方渠道渗径不同,对土渠道渗水影响较大,因此土渠分为填方渠道和挖方渠道。对土渠半挖半填渠,如过水断面大部分处于渠道挖方部分,则按挖方渠道处理,反之按填方渠道处理。

混凝土衬砌新渠道和混凝土一般渠道,填挖方对土渠道渗水影响较小,故不予以考虑;混凝土老化渠道和土渠破损渠道多为填方渠道,挖方渠道很少见,故不考虑挖方渠道。

(8)地下水埋深对渠道渗水的影响包含于挖方渠道中,考虑挖方渠道分类在实际操作更简单方便,故渠 (下转第 31 页)

2.3 不同风速下滴灌的瞬时工作压力测试

试验中选用的滴灌管是内镶式滴灌管,参数为: $\phi 16 \times 0.6 \times 1000$,额定工作压力 100 kPa,滴头额定流量 4 L/h。不同风速下运行的滴灌管的压力监测见图 4。随着风速的增加流量增大,滴管压力增加,风速在额定风速 8 m/s 之前,滴灌支管压力在工作压力范围内,但是当风速大于 8 m/s 时,滴灌管压力超出约 30%,超压工作的滴灌管,容易破会滴头部件,而且压力是在瞬间增加,这样会使滴灌管的寿命大大减少,甚至会瞬间破坏滴灌管。

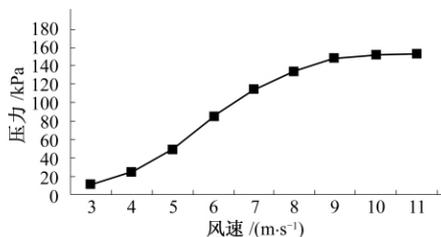


图 4 风速、滴灌压力图

Fig. 4 Diagram of wind speed drip irrigation pressure

由实验数据可知,风速较小时,压力达不到滴灌最低出水压力,滴灌不滴水;风速偏大时,压力超出滴灌最大承压,破坏滴灌设备。为了达到风能驱动滴灌稳定的运行就的做相应的改进办法。

3 实验结论及解决方法

3.1 实验结论

(1)风速不稳定,风大时滴灌出水,风速变小时滴灌管里水倒流。风力提水与节水灌溉设备直接连接应用时,首先要求装置逆止阀防止倒流现象。

(2)风力提水直驱滴管的灌溉系统,由风速的随机性导致流量偏差率很大,如果不加以控制,不可能达到稳定运行。

(3)风速较小时,压力达不到滴灌最低出水压力,滴灌不滴水;风速偏大时,压力超出滴灌最大承压,破坏滴灌设备。

(上接第 28 页) 道分类中不单列地下水埋深。

4 结 论

(1)与我国现在广泛使用的考斯加可夫经验公式查算法相比,本文提出的浙江省渠道输水效率查算表具有以下特点:①建立在大量静水法实测数据基础之上,精度比较高;②考虑了渠道运行年限对渠道输水效率的影响,满足灌区用水管理和节水改造等实际工作需要;③考虑了填挖方渠道对土渠渗水损失的影响,更符合渠道渗水物理特征;④根据渠道流量直接查算每 km 渠道的输水效率,实际应用简单方便。

(2)本文提出的浙江省渠道输水效率查算表涵盖了浙江省主要类型渠道,满足浙江省实际工作需要。我国幅员辽阔,各地情况差异较大,渠道建设也各有特点,因此渠道输水效率也具有区域性特点,本文提出的浙江省渠道输水效率查算表可供

3.2 风能滴灌直驱均匀灌溉方法

(1)设置蓄水池调节压力。最简单的方法就是设置蓄水池调节压力。利用风力提水机组把水提到蓄水池里,再利用重力输水达到滴灌在稳定的压力下滴水。蓄水池最大的缺点就是造价高,采用微电子自动控制取代蓄水池压力调节功能,使整套风能滴灌系统造价降低,便于推广。

(2)自动控制实现稳定灌溉。滴灌管均匀出水控制方法:灌溉要求要均匀,每株作物都要吸收相同的水分,这样保证滴灌系统能够做到有效地控制每个灌水器的出水量,灌水均匀度高,均匀度一般要求高达 80%~90%。针对滴灌管压力的要求来控制(滴灌要求稳定的压力),在滴灌的干管和支管装设压力传感器,每 10 min 读一次压力数据决定开启支管数量。在确保滴灌设备压力稳定的情况下开启(关停)滴灌支路。风速增大,压力超过滴灌管的额定工作压力时,多开启几条滴灌,保证滴灌管不超压,当风速减小,压力低于滴灌的工作压力时,关闭几条滴灌管,保证滴灌管的压力不低于最低工作压力。

田间均匀灌溉控制方法:①根据田间湿度传感器来控制滴灌管的关停:根据土壤湿润程度,当某一只滴灌管的滴水量达到了植物灌溉定额时,根据湿度传感器给出中央控制器信号,关闭该滴灌管,开启其他滴灌管,保证每根滴灌管滴水量相等。②根据滴灌管的流量来控制滴灌管的关停:根据每根滴灌支管的流量计来控制滴灌的关停,当某一只滴灌管流量达到设计的流量时(作物需水量),关闭该滴灌管,开启其他滴灌管,保证每根滴灌管滴水量相等。 □

参考文献:

[1] 李光永. 微灌技术在现代化进程和节水农业中的地位与发展战略建议(摘要)[DB/OL]. 中国灌排在线, 2009-11-28 14:27:00.
 [2] 吴永忠. 建设社会主义新农村与可再生能源开发[J]. 可再生能源, 2006, (6).
 [3] 金永奎. 微水灌溉系统的设计与开发[D]. 南京:南京理工大学, 2006.
 [4] 陈翠英. 高效节水灌溉是现代农业的必然选择[J]. 浙江农村机电, 2005, (1).

与浙江类似地区使用,也可供其他地区参考和借鉴。 □

参考文献:

[1] GB50288-99, 灌溉与排水工程设计规范[S].
 [2] 王怀章. 渠道渗水损失量查算表的改进[J]. 吉林水利, 1993, (5): 15-16.
 [3] 荣丰涛. 议论考斯加可夫经验公式[J]. 山西水利科技, 2004, 151(1): 7-10.
 [4] 贾宏伟, 陈 凤. 渠道渗漏的确定方法[C]// 现代农业水土资源高效利用理论与实践. 北京: 中国科学文化出版社, 2008: 559-561.
 [5] 谢崇宝, J M Lance, 崔远来, 等. 大中型灌区干渠输水渗漏损失经验公式探讨[J]. 中国农村水利水电, 2003, (2): 20-22.
 [6] 贾宏伟, 卞祖铭, 赵晓波, 等. 渠道渗漏的静水测试法[J]. 节水灌溉, 2007, (8): 43-44.