

DOI: 10. 20040/j. cnki. 1000-7709. 2023. 20220532

甘肃省泾河流域典型灌区耗水系数监测试验研究

雒 仪¹, 张德栋², 马 榕³, 朱晓涛²

(1. 甘肃省平凉水文站, 甘肃 平凉 744000; 2. 甘肃省水文站, 甘肃 兰州 730030; 3. 甘肃省定西水文站, 甘肃 定西 743000)

摘要: 以甘肃省泾河流域为主要研究对象, 选取泾河上游泾河南干渠灌区为典型试验灌区, 对泾河南干渠灌区的灌溉退水、农田含水率、农作物生长趋势等进行监测, 并采用引排差法与多层次土壤水分平衡模型(VSMB模型)相结合的方式, 对泾河南干渠灌区的耗水量进行试验。根据监测试验, 泾河南干渠灌区2018年总引水量 $2\ 076 \times 10^4 \text{ m}^3$, 总退水量 $523 \times 10^4 \text{ m}^3$, 采用引排差法得到泾河南干渠灌区耗水系数为0.56; 甘肃农业大学试验田典型地块全年总引水量 $0.190\ 1 \times 10^4 \text{ m}^3$, 地表无退水, 采用引排差法得到耗水系数为0.75, 采用VSMB模型得到耗水系数为0.71。该研究结果可为泾河地区其他农业灌区耗水系数研究提供参考, 对灌区规划设计和高效农业灌溉试点工作具有一定的指导意义。

关键词: 耗水系数; 农业灌溉; 泾河流域; 监测试验; VSMB模型

中图分类号: [TV93]; S274.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-7709(2023)02-0053-04

1 概况

泾河南干渠灌区位于泾河干流上游, 隶属于甘肃省平凉市, 境内河谷宽2~3 km, 川地平坦完整, 有良好的灌溉条件。该区属于冷温带亚湿润区, 地势多为山区沟壑, 海拔在890~2 800 m之间。其中崆峒区多年平均降水量507 mm, 多年水面蒸发量1 421 mm, 平均最高气温27.3℃, 平均最低气温-9.4℃, 全年日照时长1 980 h^[1,2]。泾河上游泾河南干渠灌区为典型试验灌区, 成立于1959年6月, 全长42 km, 其中支渠长260 km, 共有引水口3处、泄水口14处。南干渠灌区设计灌溉面积 $6.2 \times 10^3 \text{ ha}$, 有效灌溉面积 $4.373 \times 10^3 \text{ ha}$, 实际灌溉面积 $4.267 \times 10^3 \text{ ha}$ 。灌溉水主要来源于崆峒水库和泾河, 以地表水为主, 灌区多年平均取水量为 $3\ 228 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。自20世纪以来, 泾河流域年径流量呈逐年减少趋势, 特别是1990年代以来, 径流量减少了约30%, 导致甘肃省泾川县境内泾河多次断流。因此, 研究泾河流域典型灌区的农业耗水量尤为必要。本文采用引排差法与通用土壤水分预算法(VSMB模型)相结合的方式, 参考以往研究成果, 在反复实践验证的基础上, 对泾河流域典型灌区的耗水量进行试验研

究, 旨在为流域灌区规划设计和高效农业灌溉试点工作提供参考。

2 资料收集与研究方法

泾河南干渠灌区典型地块选择在崆峒区白水镇马莲村甘肃农业大学(简称甘农大)试验田内, 该地块主要农作物为玉米, 引水口位于西南角处与跃进渠相连。试验田面积6.67 ha, 内有灌溉明渠, 渠系良好。试验田内设有土壤墒情监测仪器, 可开展地块农作物密度、茎高、主根深度的监测和农田耗水试验, 典型地块设施分布见图1。

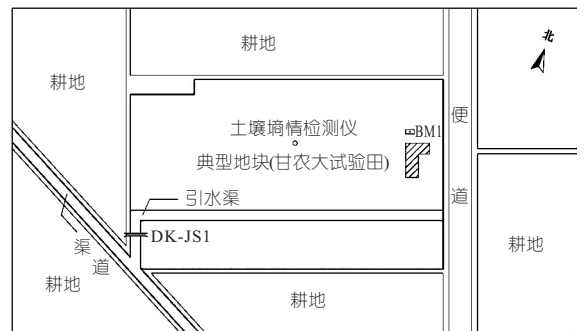


图1 泾河南干渠灌区典型地块设施分布

Fig. 1 Distribution of facilities in typical plots of Jinghe River trunk canal irrigation area

收稿日期: 2022-03-21, 修回日期: 2022-05-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271092); 甘肃省水利科学实验研究及技术推广项目(2020023)

作者简介: 雒仪(1989-), 男, 高级工程师, 研究方向为水文水资源调查与水文软件开发, E-mail: rluoyi@163.com

2.1 监测方案

(1)引退水量监测。泾河南干渠灌区共设有引水监测断面 3 处,退水监测断面 14 处,退水口沿南干渠由西向东分布于平凉市境内;典型地块引水监测断面 1 处。监测断面的布设根据《河流流量测验规范》(GB 50179-2015)^[3]要求进行勘测选址;水位观测根据渠道形态分别设置为直立式或倾斜式水尺,水尺零点高程采用假定基面,其中南干渠渠首站采用雷达水位计观测水位;流量采用流速仪法,根据水面宽度布设 3~5 条测速垂线^[3,4]。泾河南干渠灌区引退水监测断面见表 1。

表 1 泾河南干渠灌区引退水监测断面

Tab. 1 Monitoring sections of diversion water in Jinghe River trunk canal irrigation area

序号	断面名称	断面地点	类别	监测项目		
				水位	流量	墒情
1	KJN-JS1	崆峒镇	引水	√	√	
2	KJN-JS2	白水镇	引水	√	√	
3	KJN-JS3	白水镇	引水	√	√	
4	DK-JS1	白水镇	典型地块	√	√	√
5	KJN-TS1	崆峒镇	退水	√	√	
6	KJN-TS2	柳湖乡	退水	√	√	
7	KJN-TS3	柳湖乡	退水	√	√	
8	KJN-TS4	柳湖乡	退水	√	√	
9	KJN-TS5	柳湖乡	退水	√	√	
10	KJN-TS6	四十里铺	退水	√	√	
11	KJN-TS7	四十里铺	退水	√	√	
12	KJN-TS8	四十里铺	退水	√	√	
13	KJN-TS9	白水镇	退水	√	√	
14	KJN-TS10	白水镇	退水	√	√	
15	KJN-TS11	花所乡	退水	√	√	
16	KJN-TS12	花所乡	退水	√	√	
17	KJN-TS13	花所乡	退水	√	√	
18	KJN-TS14	花所乡	退水	√	√	

(2)地下水监测。泾河南干渠灌区共设置 7 眼地下水监测井,其中灌区典型地块设置地下水监测井 1 眼,围绕典型地块设置地下水监测井 2 眼,沿灌渠设置地下水监测井 4 眼。在典型地块设置水准点 1 处,基面高程采用 RTK 实施定位,其他监测井水位零点基面采用 RTK 差分测量。

(3)典型地块监测。土壤墒情监测采用土壤墒情探测仪,根据《土壤墒情监测规范》(SL 364-2006)^[5]规定埋设于甘肃农业大学试验田的中央,分别监测垂向 10、20、50、70、100 cm 五种深度土壤的温度和湿度。监测农作物为玉米,全年共监测 13 次,测得玉米种植密度、茎高和主根深度值。

2.2 监测资料整编

经监测,泾河南干渠灌区引水断面 3 处全年均有引水,14 处退水断面中 5 处退水,9 处未退水,全年合计监测引退水断面共计 9 处。水文监

测资料均按照《水文资料整编规范》(SL 247-2020)^[6]进行整编,资料计算、整编采用《水文资料整汇编软件》SHDP2.0 和《甘肃水文测验系统》V1.0^[7,8],水位流量关系采用单一曲线法或临时曲线法定线。6 处监测断面(KJN-JS2、KJN-JS3、DK-JS1、KJN-TS7、KJN-TS13、KJN-TS14)控制良好,故采用单一曲线法定线推流,符合断面特性。3 处监测断面(KJN-JS1、KJN-TS1、KJN-TS12)总体控制较好,水位流量关系在一定时期内稳定,但局部时段存在变化,故采用临时曲线法进行定线推流,由于流量测验次数较多,基本控制了水位流量变化过程。泾河南干渠灌区引退水断面流量监测结果见表 2。

表 2 泾河南干渠灌区引退水断面流量监测结果一览表

Tab. 2 List of flow monitoring results of diversion water section in Jinghe River trunk canal irrigation area

序号	站名	测流次数	年最大流量 / (m ³ · s ⁻¹)	日期 (月-日)	年平均流量 / (m ³ · s ⁻¹)	年径流量 / 10 ⁴ m ³
1	KJN-JS1	20	2.980	12-02	0.341	1 078.000
2	KJN-JS2	14	1.420	12-07	0.218	689.000
3	KJN-JS3	8	0.938	07-06	0.098	309.000
4	KJN-TS1	8	1.620	08-29	0.039	124.000
5	KJN-TS7	5	1.410	09-09	0.020	64.400
6	KJN-TS12	5	0.686	06-29	0.003	9.167
7	KJN-TS13	5	0.401	05-23	0.004	12.600
8	KJN-TS14	12	1.100	12-01	0.075	3 130.000
9	DK-JS1	3	0.058	04-14		0.190

2.3 引排差法

根据《甘肃省水资源公报》和《甘肃省用水定额评估报告》的规定,农田灌溉耗水量指灌区引水量与退水量(包括地表退水和下渗水量)之间的差值,在水量平衡方程的前提下耗水系数公式^[9,10]为:

$$K = [M_y - (W_p + W_q)] / M_y \quad (1)$$

式中, K 为耗水系数; M_y 为引水量, m³; W_p 为地表水退水量, m³; W_q 为地下水渗入量, m³。

通过对泾河南干渠灌区典型地块的灌溉试验和有关参数的分析,得出相应耗水量,从而计算灌溉耗水系数。结合灌区典型地块的用水特性,地表水退水量 W_p 与地下水渗入量 W_q 计算公式分别为:

$$W_p = \sum_{i=1}^{n_1} W_{pm_1} \quad (2)$$

$$W_q = \sum_{i=1}^{n_2} W_{qm_2} \quad (3)$$

式中, n₁ 为典型地块退水斗口数量,个; M_{pm₁} 为典型地块斗口退水量, m³; n₂ 为典型地块渗漏点数量,个; W_{qm₂} 为典型地块渗漏损失量, m³。

结合式(1)~(3),泾河南干渠灌区典型地块

引排差法耗水系数计算公式为:

$$K_d = \frac{\sum_{i=1}^n M_{yn} - (\sum_{i=1}^{n_1} W_{pn_1} + \sum_{i=1}^{n_2} W_{qn_2})}{\sum_{i=1}^n M_{yn}} \quad (4)$$

式中, K_d 为典型地块耗水系数; M_{yn} 为典型地块引水量, m^3 。

2.4 VSMB 模型

VSMB 多层次土壤水分平衡模型的主要特征是将土壤进行分层,在多层土壤含水率均衡理论的基础上,充分考虑土壤与作物之间的交互作用^[11]。利用土壤墒情探测仪对土壤、作物进行参数测定,结合作物生长期气象数据,对土壤各个层面的土壤水分变化进行模拟。VSMB 模型中田间土壤含水率主要输入量为降水,输出量分别为地表径流、蒸散发、入渗量、表层流等^[12],计算公式为:

$$S_{w_t} = S_{w_0} + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - L_{at} - T_{ile}) \quad (5)$$

式中, S_{w_t} 为土壤含水率, mm; S_{w_0} 为初始土壤含水率, mm; t 为计算时间, d; R_{day} 为降水量, mm; Q_{surf} 为地表径流量, mm; E_a 为蒸发量, mm; W_{seep} 为入渗量, mm; L_{at} 为表层流, mm; T_{ile} 为暗管排水量, mm。

(1) 土壤分层。根据泾河南干渠灌区典型地块特征、玉米种植密度和地块持水量随土壤深度的变化,结合 VSMB 模型将泾河南干渠灌区典型地块内的土壤划分为三层,以模拟超过典型地块田间持水量的多余水量。当降雨或灌溉后,第一层土壤达到饱和,第二层土壤未饱和时,第一排水层中的多余水分排入第二层。第三层位于第二层底部,或与第二层存在重叠部分,用来模拟储水层水分动态变化^[13]。

(2) 土壤蒸散发。指土壤中每个土层的水分向大气扩散的过程,以实际土壤水分蒸发量 A_{AET} 表示。土壤蒸散按照土壤不同层数可分为:①土壤表面蒸发。降水下渗后,土壤表层或靠近第一层仍有大量水分,部分自由水分便会从表层蒸发。在相同气象条件下,土壤表层蒸发速度和水面蒸发速度基本一致,可用水面蒸发量代替计算。②土壤分层蒸发。指水分在土层中进行蒸发,通过土壤孔隙逸出土表。分层蒸发是分别计算每层土壤和作物的实际蒸发量,在相同气象条件下,土壤分层蒸发速度远小于水面蒸发速度^[14]。在 VSMB 模型中土壤分层蒸散公式为:

$$A_{AET} = \sum_{i=1}^m P_{PET} Z_{sol_i} C_{Cofkz_{ip}} \quad (6)$$

式中, A_{AET} 为土层实际蒸发量总和, mm/d; P_{PET} 为潜在蒸发量, mm/d; Z_{sol_i} 为土壤持水性, mm; $C_{Cofkz_{ip}}$ 为作物吸水参数; p 为作物不同发育期。

由式(6)可知, VSMB 模型土壤分层蒸散公式拥有 Z_{sol} 、 C_{Cofkz} 两个主要参数,分别模拟干旱与湿润土壤的实际蒸散发。在干旱条件下, Z_{sol} 参数需要优先考虑。在湿润条件下, C_{Cofkz} 参数起到决定性作用,当土壤含水率较高时,作物蒸发速度可大于 P_{PET} 。

3 监测结果分析

3.1 引排差法耗水系数

泾河南干渠灌区全年共计引水 7 次,时间分别为 4 月上旬、5 月下旬、7 月、8 月、9 月、10 月中旬、11 月中上旬。KJN-JS1、KJN-JS2、KJN-JS3 三处引水口全年共引水 $2\ 076 \times 10^4 m^3$ 。其中 KJN-JS1、KJN-JS2、KJN-JS3 全年引水量分别为 $1\ 078 \times 10^4$ 、 689×10^4 、 $309 \times 10^4 m^3$,分别占总引水量的 51.9%、33.2%、14.9%。典型地块全年共灌溉一次,全年引水量为 $0.190 \times 10^4 m^3$,用于作物灌溉,地表无退水。灌区全年引水量及引水时间见表 3。

表 3 泾河南干渠灌区引退水量

Tab. 3 Water diversion volume and return water volume of Jinghe River trunk canal irrigation area

引退水	站名	引水时间	引水量/ $10^4 m^3$
引水	KJN-JS1	5月中旬,7,8,9月,10月中旬,11月上旬	1 078.000
	KJN-JS2	4,5月,7月上旬,10月中旬,11月	689.000
	KJN-JS3	4月上旬,5月下旬,7,8月中旬,11月下旬,12月上旬	309.000
	DK-JS1	4月中旬	0.190
退水	KJN-TS1	7,8,10月	124.000
	KJN-TS7	9月	64.400
	KJN-TS12	5月中旬,6,11月末	9.167
	KJN-TS13	3,5月下旬	12.600
	KJN-TS14	3月中下旬,4,5月,6月下旬,11,12月中上旬	313.000

灌区全年有退水的监测断面共计 5 处,分别为 KJN-TS1、KJN-TS7、KJN-TS12、KJN-TS13、KJN-TS14,全年共计退水 $523 \times 10^4 m^3$ 。其中 KJN-TS1、KJN-TS14 退水持续时间较长,退水量较大,分别占总退水量的 23.7%、59.8%。灌区全年退水量及退水时间见表 3。

在综合考虑灌溉入渗水量和渠道渗漏水量的基础上,根据式(4)计算泾河南干渠灌区和典型地块耗水系数,得到泾河南干渠灌区耗水系数为 0.56,甘肃农业大学试验田典型地块耗水系数为 0.75。计算结果见表 4。

表 4 泾河南干渠灌区引排差法耗水系数

Tab. 4 Water consumption coefficient of diversion and discharge difference method in Jinghe River

名称	引水量	trunk canal irrigation area							耗水系数
		地表退水量	入渗系数	渗漏系数	入渗水量	渗漏水量	总退水量	灌区耗水量	
南干渠灌区	2 076	523	0.12	0.15	159	229	911	1 165	0.56
典型地块	0.190 1	0	0.12	0.15	0.019	0.029	0.048	0.142	0.75

3.2 VSMB 模型耗水系数

按照式(5)~(7)计算甘肃农业大学试验田典型地块耗水系数。甘肃农业大学试验田典型地块降水量采用临近窑峰头水文站观测值,年降水量 543.1 mm,灌溉水量 $0.190\ 1 \times 10^4\ m^3$,实际蒸散发量 449.1 mm,深层渗漏量 166.8 mm。结果表明,甘肃农业大学试验田典型地块降水与灌溉总量大于年实际蒸发量,典型地块灌溉水量的 71.0%消耗蒸散发,转换成耗水系数为 0.71^[15]。

3.3 结果分析

泾河南干渠灌区全年总引水量 $2\ 076 \times 10^4\ m^3$,地表总退水量 $523 \times 10^4\ m^3$,采用引排差法得到泾河南干渠灌区耗水系数为 0.56。甘肃农业大学试验田典型地块全年总引水量 $0.190\ 1 \times 10^4\ m^3$,地表无退水,采用引排差法得到耗水系数为 0.75,采用 VSMB 模型得到耗水系数为 0.71,VSMB 模型计算值略小于引排差法,差值为 0.04,表明 VSMB 模型适用于泾河流域灌区耗水系数测算,且能准确模拟真实灌溉情况。灌区耗水系数与典型地块耗水系数差值为 0.19,差值较大,说明泾河南干渠灌区存在较大的灌溉漏失率,渠道渗漏损失严重。《甘肃省水资源公报(2020)》中平凉市泾河流域农田耗水量为 $5\ 070\ m^3/ha$,耗水系数为 0.564,与本次监测值接近。对比甘肃省水利厅公布的 2017~2020 年农田灌溉水有效利用系数(分别为 0.552 7、0.560 1、0.565 4、0.570 3),本次泾河南干渠耗水系数研究值 0.560 0 与 2018 年甘肃省灌溉水利用系数 0.560 1 基本一致。说明泾河南干渠耗水系数调查资料在甘肃省农田灌溉研究中具有较强的代表性,也从侧面反映出本次研究资料充分,结论可靠。

4 结论

采用引排差法与 VSMB 模型相结合的方式,对平凉市泾河南干渠灌区的灌溉退水、农田含水率、农作物生长趋势等进行监测,并计算分析了灌

溉耗水系数。监测研究发现泾河南干渠灌区渠道以明渠为主,渠道老化严重,渗漏问题突出,现状渠道漏失率约为 30%。农业灌溉设施和节水技术比较落后,农田灌溉方式为漫灌,灌溉水利用系数较低。应加快高效节水灌溉等农田水利基础设施建设,降低水资源消耗量,从而达到节水目标。研究结果可为其他灌区耗水系数研究提供借鉴,对高效农业灌溉建设亦具有指导意义。

参考文献:

- [1] 李荣,雒仪.平凉市泾、渭河流域降水量时空分布与短历时雨强特征分析[J].浙江水利科技,2022,50(1):36-40.
- [2] 朱晓涛,雒仪. JEZ02 型融雪式雨量计在平凉市泾渭河流域的适用性研究[J].广东水利水电,2022(1):24-28.
- [3] 中华人民共和国水利部. 河流流量测验规范:GB 50179-2015[S].北京:中国计划出版社,2015.
- [4] 朱晓原,张留柱,姚永熙. 水文测验实用手册[M].北京:中国水利水电出版社,2013.
- [5] 中华人民共和国水利部. 土壤墒情监测规范:SL 364-2015[S].北京:中国水利水电出版社,2015.
- [6] 中华人民共和国水利部. 水文资料整编规范:SL/T 247-2020[S].北京:中国水利水电出版社,2020.
- [7] 雒仪,赵映东,王毓森,等. 基于 Java 语言的水文测验系统软件开发与应用[J].吉林水利,2020(11):33-38.
- [8] 谢运山,谢海文,赵德友,等. 水文资料整编流量测验数据的检查[J].水文,2015,35(2):61-64.
- [9] 吴润泽,吴旭. 河北南部平原不同土壤质地下土壤墒情动态预报[J].水电能源科学,2020,38:241(9):150-153.
- [10] 徐飞,贾仰文,牛存稳,等. 拒马河流域水循环过程的多时空尺度特征[J].水电能源科学,2022,40(1):18-20,167.
- [11] 周鸿文,吕文星,常远远,等. 青海省大峡渠灌区典型地块农业灌溉耗水监测试验与模拟研究[J].水利水电技术,2016,47(12):136-142.
- [12] 张春岚,任凤仪,邹邵楠,等. VSMB 模型在甘肃典型引黄灌区的适用性研究[J].人民黄河,2019,41(12):146-150.
- [13] 王西平,姚树然. VSMB 多层次土壤水分平衡动态模型及其初步应用[J].中国农业气象,1998(6):29-33.
- [14] 吕厚荃,于贵瑞. 几种实际蒸散计算方法在土壤水分模拟中的应用[J].资源科学,2001(6):85-90.
- [15] 王永平,刘学军,周立华,等. 宁夏贺兰山东麓滴灌酿酒葡萄耗水规律及水分生产函数模型研究[J].水电能源科学,2016,34(11):27-30.

(下转第 60 页)

定量揭示流域水环境质量状态。

b. 石羊河流域水质评价指标所占权重系数从高到低依次为总磷>氨氮>溶解氧>化学需氧量>氟化物,其中总磷和氨氮权重分别为 0.438、0.296,表明影响石羊河流域水质的关键因素为总磷及氨氮。

c. 流域上游的黄羊河、红水河、杂木寺等断面水质均为 II 等,中下游的九条岭、红崖山水库断面水质为 III、IV 等,四坝桥、蔡旗断面的水质为 V 等,表明石羊河流域水质污染主要集中在流域中下游地区。

参考文献:

[1] 戴文渊,陈年来,李金霞,等. 河西内陆河流域水生态安全评价研究[J]. 干旱区地理,2021,44(1):89-98.

[2] MOHAMED A K, DAN L, MOHAMED M, et al. Groundwater quality assessment of the quaternary unconsolidated sedimentary basin near the Pi river using fuzzy evaluation technique[J]. Applied water

science, 2018, 8(2):1-12.

[3] 徐存东,程慧,王燕,等. 灌区土壤盐渍化程度云理论改进多级模糊评价模型[J]. 农业工程学报,2017,33(24):88-95.

[4] MINAEV Y N, FILIMONOVA O Y, MINAEVA J I, et al. Fuzzy mathematics with limited possibilities for assigning membership functions[J]. Cybernetics and systems analysis,2020,56:29-39.

[5] 徐存东,王鑫,刘子金,等. 基于云模型的干旱扬水灌区地下水水质综合评价[J]. 水利水电技术(中英文),2021,52(12):166-177.

[6] 国家环境保护总局科技标准司. 地表水环境质量标准:GB 3838-2020[S]. 北京:中国环境出版社,2020.

[7] 刘子金,徐钰德,朱兴林,等. 干旱扬水灌区土地资源承载状态演变分析[J]. 环境科学学报,2021,41(12):5200-5208.

[8] 戴文渊. 基于 W-SENCE-PSR 框架的河西内陆河流域水生态安全评价研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2021.

[9] 方良斌,唐克旺,潘世兵. 石羊河流域河流健康研究与变化趋势分析[J]. 人民黄河,2019,41(6):71-75.

Water Quality Assessment of Shiyang River Basin Based on CM-AHP

WANG Wan-zhen¹, WANG Xin², WANG Yan^{2,3}, LIU Zi-jin², ZHAO Zhi-hong², LIAN Hai-dong², HU Xiao-meng²

(1. Shiyang River Basin Water Resources Utilization Center, Gansu Provincial Water Resources Department, Wuwei 733000, China; 2. School of Water Conservancy, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450046, China; 3. Key Laboratory for Technology in Rural Water Management of Zhejiang Province, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to accurately describe the water environment quality of Shiyang River Basin and clarify the main pollution factors of water quality, according to the analysis results of water quality data of typical sections of Shiyang River Basin in Gansu Province, five pollution factors including dissolved oxygen, chemical oxygen demand, ammonia nitrogen, total phosphorus and fluoride were selected as water quality evaluation indexes. A combined weighting comprehensive evaluation model based on CM-AHP and entropy weight method was established to study the main pollution factors of Shiyang River Basin. The results show that the combined weight of total phosphorus and ammonia nitrogen pollution accounted for the largest proportion, reached 0.438 and 0.296, respectively, which were the main pollution factors of Shiyang River. The water quality of Shiyang River Basin gradually deteriorated from the upstream to the middle and lower reaches.

Key words: CM-AHP; fuzzy evaluation method; cloud model; combination weighting; water quality assessment; entropy weight method

(上接第 56 页)

Experimental Study on Monitoring Water Consumption Coefficient of Typical Irrigation Areas in Jinghe River Basin, Gansu Province

LUO Yi¹, ZHANG De-dong², MA Rong³, ZHU Xiao-tao²

(1. Pingliang Hydrological Station of Gansu Province, Pingliang 744000, China; 2. Gansu Hydrological Station, Lanzhou 730030, China; 3. Dingxi Hydrological Station of Gansu Province, Dingxi 743000, China)

Abstract: Taking Jinghe River Basin in Gansu Province as the main research object, the Jinghe River trunk canal irrigation area in the upper reaches of Jinghe River was selected as a typical experimental irrigation area. The irrigation return water, farmland water content and crop growth trend of Jinghe River trunk canal irrigation area were monitored. The water consumption of Jinghe River trunk canal irrigation area was tested by the combination of diversion and drainage difference method and multi-level soil water balance model (VSMB model). According to the monitoring experiment, the total water diversion volume of Jinghe River main canal irrigation area in 2018 is 20.76 million m³, and the total water return volume is 5.23 million m³. The water consumption coefficient of Jinghe River main canal irrigation area is 0.56 by using the diversion and drainage difference method. The total annual water diversion of typical plots in Gannong experimental field is 1 901 m³, and there is no retreating water on the surface. The water consumption coefficient obtained by diversion and discharge difference method is 0.75, and the water consumption coefficient obtained by VSMB model is 0.71. The research results provide reference for the study of water consumption coefficient of other agricultural irrigation areas in Jinghe area, and have certain guiding significance for irrigation area planning and design and high-efficiency agricultural irrigation pilot work.

Key words: water consumption coefficient; agricultural irrigation; Jinghe River Basin; monitoring test; VSMB model