

馆陶县世行节水灌溉项目中 *ET* 理论的实践

刘 斌, 马 惟

(中国灌溉排水发展中心, 北京 100054)

摘 要: 单一采用工程节水措施, 在海河平原的不少地方, 加大了地下水水位降幅。*ET* 理论的再次提出, 及其在世行贷款节水灌溉项目中的应用表明, 综合节水措施的采用, 配合地下水资源的水权分配计划和管理, 能够有效地降低作物的蒸腾蒸发量, 缓解地下水超采, 丰水年可回补地下水。

关键词: *ET*; 世行节水灌溉项目; 地下水; 综合节水措施

中图分类号: S275 **文献标识码:** A

在世行节水灌溉项目实施的 5 年来, 馆陶县对项目节水、“真实”节水和由传统水资源管理到 *ET* (蒸腾蒸发量) 管理经历了一个渐进的过程, 根据世界银行和水利部世行项目办的要求和专家的 *ET* 理论, 馆陶县认真进行实践, 取得了显著的资源性节水效果并在水资源管理中得到应用。

1 *ET* 监测

监测评价是世行节水灌溉项目的一大特色, 通过监测评价把项目实施的各项指标如实地反映出来, 农民看到了项目建设与运行效果。馆陶县实现了由一般地下水监测到 *ET* 监测。

1.1 由一般的地下水监测到 *ET* 监测

在地下水监测中, 主要是地下水位、水质和水量监测, 虽然仍运用传统的人工方法进行监测, 但在 *ET* 监测中, 增加了新的监测内容和监测点, 如土壤水分监测, 其中包括灌前灌后监测、雨前雨后监测, 并增加了降雨量监测点和在典型村和基本监测点上增加了机井开采量的原始记录性监测。为了及时有效地进行土壤含水量监测, 馆陶县购置了取土器、烘箱、天平、铝盒和量杯等器械, 县项目办办起了土壤监测室, 自行进行土壤含水量监测。同时为了层层开展 *ET* 监测工作, 培训了县、乡、村三级 *ET* 监测队伍, 共计 142 人。

1.2 主要监测内容和方法

1.2.1 降雨量监测

降雨量监测以县气象站为中心, 馆陶县在全县 8 个乡镇设立了雨量监测站, 同时在典型监测区的十里店村也设立了降雨量监测点, 这样监测结果就更接近实际一些。

1.2.2 地下水开采量监测

在典型监测区和基本监测点上对所有机井进行开采量登

记, 此项工作由村监测员承担, 并根据不同灌溉方式和作物组合, 去推算项目区和全县地下水开采量。同时项目区乃至非项目区对地下水的开采量都有用电量登记, 并根据机井出水量和灌溉面积推算地下水开采量。

1.2.3 土壤含水量监测

此项工作由县、乡、村三级协同监测, 主要在典型区和基本监测点进行。

1.3 *ET* 计算

本项目采用的灌溉供水设计保证率: 水稻和园艺作物灌溉为 75%; 旱作物灌溉为 50%; 生活和工业供水为 95%。

农业灌溉按水源类型, 分地表水灌溉和地下水灌溉。馆陶是以地下水灌溉为主的, 在此主要介绍地下水灌区及井渠结合灌区水平衡计算。利用地下水灌溉的项目区和地表水与地下水联合运用的项目区, 水资源供需平衡分析有共同的特点。①农业生产的植物叶面蒸腾和棵间蒸发所消耗的水分, 都是储存在土壤中的水分; 而降雨和灌溉的水分, 都要经过土壤储存, 才能在农业生产中发挥作用; 降雨和灌溉产生深层渗漏补给的地下水, 又可开采用于灌溉, 故降雨和灌溉用水只要没有形成径流从项目区流失, 都是有效水量。②灌溉条件下, 耕地和非耕地(灌溉地块和非灌溉地块)的水分, 通过地下水运动有密切联系; 引用地表水灌溉, 灌溉地块上渗漏补给的地下水向周边非灌溉地块扩散, 可供给周边自然植被对水分的需要; 开发地下水灌溉, 非灌溉地块上降雨补给的地下水, 灌溉地块可开发利用; 故开发利用地下水灌溉, 或井渠结合地表水与地下水联合运用的灌溉项目, 应当把耕地与非耕地的腾发水分消耗量作为一个整体考虑。④开发地下水灌溉, 地下水对水资源发挥多年调节作用; 干旱年降水少, 灌溉用水量多, 可部分开采地下

水弥补;湿润年降水多,灌溉用水量少,地下水得到补充。因此,开发地下水灌溉的水平衡分析,应当逐年进行。为简化计算过程,可以平水年作为代表年,以多年平均降水量作为设计雨量进行计算。以地下水为水源的项目区水量平衡以下式计算:

$$W_{\text{余缺}} = W_{\text{可供}} - ET_{\text{综}}$$

$$W_{\text{可供}} = \bar{P} + S_{\text{入}} - S_{\text{出}}$$

式中: \bar{P} 为多年平均降雨量; $S_{\text{入}}$ 、 $S_{\text{出}}$ 为地表水和地下水流入、流出量; $ET_{\text{综}}$ 为项目区综合蒸腾蒸发量。

2 ET 管理效果及应用

2.1 有无项目条件下的 ET 对比

2.1.1 单一作物 ET

根据实例资料计算得出的典型监测小区的十里店村和两个基本监测点的北董固村及南于林村的小麦、玉米、棉花的 ET 值(以 2004 年资料为例),见表 1。

表 1 典型小区与基本点单一作物平均 ET 值表 mm

作物名称		小麦	玉米	棉花
十里店村 (典型小区)	项目区	343.1	283.1	462.8
	对照区	381	295	495.6
	项目区与对照区差	-37.9	-11.9	-32.8
北董固村 (基本点)	项目区	374.5	296	476.1
	对照区	387.3	317.3	500.5
	项目区与对照区差	-12.5	-21.3	-24.4
南于林 (基本点)	项目区	384.1	309	471.3
	对照区	390	323.9	498.1
	项目区与对照区差	-5.5	-14.9	-26.8

表 1 中看出,项目区与对照区三种作物的 ET 值均有所下降,其原因主要是因为项目区采取了工程、农业与管理等综合节水措施,实现了真实节水。

十里店、北董固、南于林真实节水小麦为 37.9、12.5 mm 和 5.5 mm;玉米分别为 11.9、21.3 mm 和 14.9 mm;棉花分别为 32.8、24.4 mm 和 26.8 mm。

2.1.2 多种作物平均 ET

采用单一作物的 ET 按播种面积占耕地面积的比值加权计算得出,是作物生长周期内的平均 ET。根据监测计算结果,典型区、基本点、全项目和全县多种作物的平均 ET 见表 2。

表 2 多种作物平均 ET 与综合 ET 值表 mm

监测指标	监测区		对照区		监测区与对照区差		$\Delta ET_{\text{单}}$ $-\Delta ET_{\text{综}}$
	平均	综合	平均	综合	平均	综合	
十里店	577.2	501	615.9	534.6	-38.7	-33.6	5.1
北董固	556.1	482.7	619.6	537.8	-63.5	-55.1	8.4
南于林	594.5	523.2	620.4	546	-25.9	-22.8	3.1
全项目区	575.9	502.3	618.6	539.5	-42.7	-37.2	4.5
全县			611.6	533.4			

从表 2 中看出,各监测区多种作物的生长周期的 ET 值均低于对照区,实现了真实节水。十里店真实节水 38.7 mm,节

水量 2.58 万 m^3 ,全项目区真实节水 42.7 mm,真实节水量 218 万 m^3 。

2.1.3 项目区综合 ET

项目区综合 ET 按下式计算:

$$ET_{\text{综}} = \eta ET_{\text{耕}} + (1 - \eta) ET_{\text{非}}$$

式中: $ET_{\text{耕}}$ 为耕地上的综合 ET,即为各项目区多种作物的平均 ET,根据实际监测计算得出; $ET_{\text{非}}$ 为非耕地上的 ET,按 0.6 倍的项目区平均 ET 计算得出; η 为耕地占灌溉面积系数,取 η 为 0.7。根据实际监测计算出典型区基本点、全县项目区和全县综合 ET,见表 3。

表 3 综合 ET 与平均降雨量比较表 mm

监测指标	监测区		对照区		监测区与对照区差(ΔET)		项目区 ET 综与降雨量比较	
	平均	综合	平均	综合	平均	综合	$P_{\text{平}}$ $-P_{\text{平}}$	
十里店	577.2	501	615.9	534.6	-38.7	-33.6	548.7	-47.7
北董固	556.1	482.7	619.6	537.8	-63.5	-55.1	548.7	-66.0
南于林	594.5	523.2	620.4	546	-25.9	-22.8	548.7	-25.5
全项目区	575.9	502.3	618.6	539.5	-42.7	-37.2	548.7	-46.4
全县			611.6	533.4				

2.2 ET 值变化分析

有无项目条件下综合变化趋势对比表。

表 4 综合变化趋势对比表

名称	十里店	北董固	南于林	全项目区	全县	
项目区	基线值	693.0	682.0	695.0	690.0	
	2001	649.6	665.6	675.6	657.6	
	2002	616.0	604.6	660.7	627.1	
	2003	641.0	647.0	698.0	662.0	
	2004	577.2	556.1	594.5	575.9	
对照区	基线值	693.0	682.0	695.0	690.0	669.0
	2001	671.7	710.8	675.6	686.0	661.0
	2002	711.6	654.4	872.1	746.0	639.0
	2003	674.0	677.0	710.0	687.0	657.0
	2004	615.9	619.6	620.4	618.6	611.6

2.3 水分生产率效率分析

3 ET 理论的应用

馆陶县根据几年来 ET 理论实践的经验,在 GEF 海河项目中,把取水许可制度引入水资源管理中,2004 年 11 月 15 日,馆陶县人民政府办公室批转了县水利局《水资源分配与水权体系建设方案》。

3.1 水资源分配方案

鉴于馆陶县地表水在漫长的旱季流量极其有限,而且受到严重污染,因此,本次水资源分配主要是对地下水资源的分配。而且灌溉用水量是全县的用水大户,本次地下水资源分配,只做农业用地下水资源的分配。

3.1.1 水资源分配的目标

水资源分配的目标是更好地管理水资源以适应广大用水

表 5 2001~2004 年水分生产率分析表

kg/m³

名 称	十里店			北董固			全项目区			全 县			
	小麦	玉米	棉花	小麦	玉米	棉花	小麦	玉米	棉花	小麦	玉米	棉花	
基线值	1.21	1.46	0.67	1.20	1.50	0.59	1.20	1.48	0.63				
项 目 区	2001	2.01	1.83	0.71	1.65	1.77	0.62	1.83	1.80	0.70			
	2002	1.95	1.88	0.87	1.82	2.00	0.95	1.77	1.79	0.88			
	2003	1.49	2.25	20.64	1.42	2.13	0.75	1.44	2.00	0.66			
	2004	2.18	2.7	0.81	2.00	2.79	0.94	2.02	2.61	0.80			
对 照 区	基线值	1.21	1.46	0.67	1.2	1.50	0.59	1.20	1.48	0.63	1.22	1.50	0.63
	2001	1.70	1.60	0.63	1.51	1.58	0.59	1.61	1.59	0.61	1.72	1.7	0.66
	2002	1.67	1.44	0.60	1.37	1.67	0.77	1.43	1.47	0.68	1.60	1.63	0.78
	2003	1.35	1.83	0.58	1.36	1.87	0.59	1.37	1.76	0.59	1.41	1.88	0.63
	2004	1.77	2.54	0.76	1.86	2.36	0.75	1.79	2.33	0.70	1.91	2.47	0.75

户的要求。但目标是多种多样的,不断变化的,而且在实施过程中可能出现用水纠纷,因此,要完善各种立法,不断解决出现的问题。

3.1.2 水资源分配办法

本次水资源分配是以政府行为进行的,在对全县水资源重新评价的基础上,对农业用水进行分配,其具体做法:

(1)以 ET 为水权决策基线的可操作的水资源分配,根据各分区不同的 ET_耕、ET_综和相应的多年平均地下水允许开采量,按照农户承包土地面积分配到户(地块)。

(2)在水资源超采区,必须按照合理性原则,开采利用地下水。如地下水短缺,用水户要分摊不足部分的相应水量。

3.2 水权体系建设

没有水权体系任何水资源分配都很难实现。水权体系是水资源分配的可靠保证。

3.2.1 实施原则

根据馆陶县的实际情况,实施水权原则是:

(1)县人民政府代表国务院和上级地方政府管理县境内的地下水资源,并全面协调地下水资源分配。

(2)任何土地使用者对其地面覆盖下的地下水资源拥有使用权(或相对所有权),其中包括优先权。

(3)水资源的使用权可以随着土地使用目标而改变或转让。

(4)对于不顾国家法律限制和其它用水户的利益,任意开采和浪费地下水资源要赔偿由此造成的一切损失。

3.2.2 水权系统的管理

(1)管理体制。县级水资源管理由县水资源管理委员会承担水资源司法和管理职能,该委员会下设水政水资源管理办公室和两个执法大队,具体执行水资源法律与法规。

(2)管理机制。在县水资源管理委员会的统管下,基层组织 and 有关部门通力合作,构成水权管理系统和运行机制。如图 1 所示。

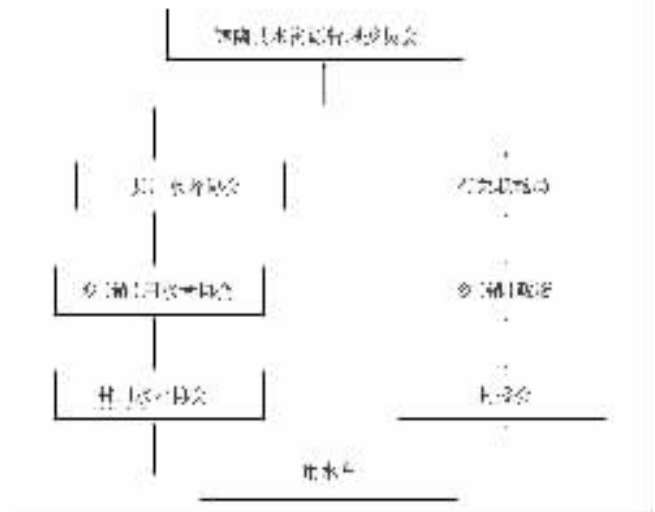


图 1 水权系统运行机制图

(上接第 24 页) 特别是管段^[9]的第 2 次迭代结果 0.89 L/s 与回路法的 0.44 L/s 相差较多,究其原因 H-C 法对管段^[9]初始流量的不合理分配导致的;而回路法在计算过程中,不需进行初始流量的分配,因此在相同迭代次数下其计算精度也较高。

5 结 语

采用图论中的回路法对环状水管网进行平差计算,可以大幅度减少独立变量数目,不需进行初始流量分配且收敛迅速,方便编写计算机程序,为进一步实时模拟管网实际运行工况提供了可能。

参考文献:

[1] 赵洪宾. 给水管网系统理论与分析[M]. 北京:中国建筑业出版社, 2003.
 [2] 严熙世,刘遂庆. 给水排水管网系统[M]. 北京:中国建筑业出版社, 2002.
 [3] 石兆玉,赵红平,束际万. 环形供热系统模拟水力计算[J]. 区域供热,1992,(3): 11-24.
 [4] 储诚山,祈淑艳,路志强,等. 信赖域法用于给水管网水力计算的研究[J]. 节水灌溉,2007(3): 41-43.
 [5] 石 继,张丰周,刘志勇. 用图论法中的弦流量式进行环状管网水力平衡计算[J]. 节水灌溉,1998,(5): 6-9.