

# 广东省灌溉水有效利用系数影响因素的动静态分析

王小军<sup>1,2</sup>, 张强<sup>3</sup>

(1. 广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510635; 2. 广东省水动力学应用研究重点实验室, 广东 广州 510635;  
3. 中山大学水资源与环境系, 广东 广州 510275)

**摘要:**为定量表征灌溉水有效利用系数各影响因素的具体作用,在对广东省 2005—2011 年样点灌区多年实测数据分析整理的基础上,将众多影响因素分为静态和动态两类,定量分析地形地貌、渠系特征、土壤质地、工程状况、供用水量、耕作面积、水利投资和工程效益等 8 个因素对灌溉水有效利用系数的影响程度。分析结果表明,以工程状况、供用水量、耕作面积和水利投资为代表的动态因素对灌溉水有效利用系数的提高有决定性作用,其中又以节水灌溉面积和完成投资这两个因素对灌溉水利用系数的提高影响最大。

**关键词:**灌溉水有效利用系数;灌区;影响因素;动静态分析;广东省

**中图分类号:**S274.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2015)02-0006-06

**Static and dynamic analysis of factors affecting the efficient utilization coefficient of irrigation water in Guangdong Province**//WANG Xiaojun<sup>1,2</sup>, ZHANG Qiang<sup>3</sup> (1. *Guangdong Institute of Water Resources and Hydropower Research, Guangzhou 510635, China*; 2. *Guangdong Provincial Key Laboratory of Hydrodynamics Research, Guangzhou 510635, China*; 3. *Department of Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China*)

**Abstract:** Quantitative analysis of the role of factors of the effective utilization coefficient of irrigation water has a significant practical guide sense for the increase of coefficients. Based on the analysis of observed data from 2005 to 2011 in sample irrigation districts of Guangdong Province, the factors were divided into dynamic and static. Among them, eight factors including terrain, channel characteristics, soil texture, engineering, supply and consumption, farming area, water conservancy project investment, and benefit were analyzed for quantifying their influences on effective utilization coefficient of irrigation water. The results showed that the dynamic factors represented by engineering, supply and consumption, farming area, and water conservancy project investment play a decisive role to the rapid increase of effective utilization coefficients of irrigation water and, especially the factors water-saving irrigation area and the completion of investment have the most impact.

**Key words:** effective utilization coefficient of irrigation water; irrigation areas; impact factors; static and dynamic analysis; Guangdong Province

灌溉水有效利用系数作为集中反映灌区灌溉工程质量、灌溉技术水平和用水管理水平的一项综合指标,是指灌入田间可被作物利用的水量与渠首引进的总水量的比值<sup>[1]</sup>,是评价灌溉效率和潜力,进行区域科学配置和制定节水灌溉发展规划的基础数据,也是政府部门进行宏观决策的重要依据<sup>[2]</sup>。该指标是国民经济发展的一项重要的资源利用效率指标,也是实行最严格的水资源管理制度,建立用水总量控制和用水效率控制的 3 项主要指标之一,要求到 2015 年实现全国平均农田灌溉水有效利用系数超过 0.53 的目标。国家对农业灌溉用水效率的重视已提到战略高度<sup>[3]</sup>,因此研究灌溉水有效利用系

数的各种影响因素以及影响程度大小<sup>[4-5]</sup>,是一个技术、管理、决策各层面都普遍关心的问题。国内有学者开展了灌溉水有效利用系数影响因素等方面的相关研究<sup>[6-7]</sup>,考虑了水、气候、流量、管理水平和工程变化等因素的影响,提出了动态空间模型的计算方法<sup>[8-9]</sup>;崔远来等<sup>[10]</sup>从与灌溉水有效利用系数相关的自然条件因素和人文因素角度进行了分析;谭芳等<sup>[11-12]</sup>主要研究影响因素的空间分布,及其与当地经济情况、灌区用水状况、作物规模和种类、气象条件等因素之间的关系;王卫光等<sup>[13]</sup>提出了提高灌溉水利用系数的措施,从减少渠系输水损失,减少田间无效耗水,加强回归水的重复利用等方面进行了分

析。但已有研究中针对影响灌溉水有效利用系数的静态和动态影响因素的研究还比较缺乏,在诸多因素中,灌区所在地理位置、地表地貌、土壤质地和渠系特征等是相对固定的影响因素,而灌区工程状况、降雨量、供用水量、作物结构、灌溉面积和投资力度等却是可变因素。因此,有必要在多年测算分析的基础上,从静态和动态层面分析各因素对灌溉水有效利用系数的作用,定量表征各因素变化对提高灌溉水有效利用系数的影响程度,以剖析影响灌溉水有效利用系数变化的内在原因,以上研究对实施区域水资源的优化配置和保障区域经济社会的协调发展有重要的理论和实际意义。

## 1 样点灌区

分析所采用的灌区数据来源于广东省“十一五”农业灌溉水有效利用系数测算分析课题的研究报告,样点灌区按照大型( $\geq 2$  万  $\text{hm}^2$ )、中型( $670 \text{ hm}^2 \sim 2$  万  $\text{hm}^2$ )、小型( $<670 \text{ hm}^2$ )灌区和纯井灌区 4 种不同规模与类型进行分类选取。样点灌区的选择综合考虑了地形地貌、工程状况、管理水平、灌溉水源条件、作物种类和种植结构等因素,所选择的样点灌区具有代表性。测算方法采用“首尾测算法”,渠首毛灌溉用水量根据实际观测获取,田间净灌溉用水量采用实际观测与彭曼公式法相结合的方法确定。广东省连续开展实测各类型样点灌区共 107 个,除小型灌区外,无论是灌区数量还是有效灌溉面积,样点灌区都满足占广东省总量 10% 的要求,同时在区域分布上较为均衡,可代表广东省平均状况。按灌区类型统计的样点灌区地形、工程状况及累计完成节水投入见表 1。

表 1 2005—2011 年广东省连续开展测算的样点灌区分类统计

灌区类型	灌区数量	不同地形的灌区数			不同工程状况的灌区数			累计完成节水投入/万元
		平原	丘陵	山区	好	中	差	
大型灌区	3	0	2	1	0	3	0	59869.51
中型灌区	34	9	15	10	10	17	7	141149.40
小型灌区	38	6	19	13	4	26	8	3749.50
纯井灌区	32	8	21	3	0	32	0	5.63
合计	107	23	57	27	14	78	15	204774.04

## 2 灌溉水有效利用系数测算结果

灌溉水有效利用系数的提高是统计期间自然气候、工程状况、管理水平和农业种植状况等因素综合影响的结果,也与水利设施及灌区的建设投资等有着直接关系。测算得出广东省 2005—2011 年间各类型灌区的灌溉水有效利用系数(表 2),不同类型

灌区灌溉水有效利用系数的年度增长以中型灌区最大,提高幅度为 12.53%,其次是大型灌区,提高幅度为 11.36%,再次为纯井灌区,提高幅度为 10.30%,小型灌区最小,提高幅度为 9.89%。

表 2 2005—2011 年广东省灌溉水有效利用系数测算结果

灌区类型	灌溉水有效利用系数						
	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
大型灌区	0.361	0.362	0.362	0.363	0.375	0.389	0.402
中型灌区	0.383	0.386	0.388	0.393	0.406	0.419	0.431
小型灌区	0.435	0.437	0.440	0.449	0.461	0.469	0.478
纯井灌区	0.563	0.584	0.605	0.606	0.615	0.619	0.621
全省平均	0.399	0.405	0.412	0.418	0.430	0.440	0.452

注:2005 年为现状分析年,2006 年没有测算,表中数据为相邻年份的算术平均值。

从测算结果可以看出,近年来广东省灌溉水有效利用系数呈上升趋势,从 2005 年的 0.399 提高至 2011 年的 0.452,提高幅度为 13.28%,年均提高 2.21%,且 2009 年到 2011 年提高相对更明显。其原因主要是近年来广东省水利体制改革完成,国家及各级政府不断加大水利基础设施建设和灌区改造的投资力度,工程状况和灌区整体管理运行能力得到稳步改善。水利基础设施、灌区用水管理能力和人们的节水意识上都得到了提高,从而使得广东省灌溉水有效利用系数在一定程度上得以较快提高。

## 3 影响灌溉水有效利用系数的动静态因素

### 3.1 地形地貌的影响

灌区所在地理位置和地表地貌对灌区供用水、作物种植、灌溉水有效利用系数都有很大的影响。以 2010 年为例,平原、丘陵和山区 3 种地形下各规模灌区的综合净灌溉定额和灌溉水有效利用系数的对应关系见表 3。

表 3 不同类型灌区不同地形下综合净灌溉定额对比

灌区类型	灌区地形	综合净灌溉定额/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	灌溉水有效利用系数
大型灌区	丘陵	9300	0.391
	山区	9369	0.385
中型灌区	平原	10954	0.433
	丘陵	9442	0.412
小型灌区	山区	9529	0.415
	平原	7885	0.506
	丘陵	9510	0.464
纯井灌区	山区	8241	0.459
	平原	6227	0.687
	丘陵	3881	0.735
	山区	2306	0.719

由表 3 可见,不同类型灌区的灌溉水有效利用系数呈大型灌区(0.388) < 中型灌区(0.420) < 小型灌区(0.476) < 纯井灌区(0.714) 的特点。而综合净

灌溉定额的大小排序为中型灌区(9 975 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>) > 大型灌区(9 335 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>) > 小型灌区(8 545 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>) > 纯井灌区(4 138 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>), 括号中数据为灌区各种地形下的平均值, 下同。

不同地形下各灌区的灌溉水有效利用系数的特点是平原地形的灌溉水有效利用系数远高于丘陵和山区地形, 同时, 除中型灌区外, 其他灌区都表现出丘陵地形的灌溉水有效利用系数高于山区的特点。综合净灌溉定额表现为平原灌区 > 丘陵灌区 > 山区灌区的特点; 在平原地形下, 综合净灌溉定额呈中型灌区 > 小型灌区的规律; 而在丘陵地形下, 呈现小型灌区 > 中型灌区 > 大型灌区的规律; 在山区地形下, 呈现中型灌区 > 大型灌区 > 小型灌区的规律, 这说明地形对净灌溉定额具有直接的影响。另外, 除了丘陵地形下中型灌区的综合净灌溉定额小于小型灌区之外, 其他两种地形下中型灌区都是各类型灌区中的相应最大值, 主要原因是中型灌区作为保障广东省粮食生产和农村经济的基础, 其有效灌溉面积占广东省总有效灌溉面积近 40%, 主要分布在水源、地理区位相对较好的地区, 种植作物以水稻和蔬菜等耗水量较大的作物为主, 因而净灌溉定额偏高。

### 3.2 渠系特征的影响

作为承担灌区用水、配水功能和灌区主要工程的渠道, 其走向分布、工程状况和构成特征对灌区灌溉水有效利用系数有着直接的作用。不同地形下各类型灌区的渠道特征与灌溉水有效利用系数见表 4。

首先分析表征灌区单位面积上渠道长度的灌区渠道长度指标, 该指标山区(301.02 km) > 丘陵(95.25 km) > 平原(30.12 km)。平原地形下中小型灌区的渠道长度小于丘陵和山区地形下相应规模的单位灌区渠道长度, 而山区地形下各规模灌区的渠道长度大于丘陵地形下的渠道长度, 说明随着灌区地形起伏度的增大, 要保证同规模灌区供水所需要的渠道长度相应增大, 而平原地形下灌区分布比较集中, 减小了无效渠道输水长度, 单位灌溉面积的渠道长度相应减少。

平均渠道防渗率指标表征了灌区单位面积上渠道的衬砌防渗状况, 表现为丘陵(18.47%) > 平原(15.67%) > 山区(13.09%)。灌区渠道防渗作为基础水利工程建设内容, 改造投入主要以政府财政投入为主, 当地农民自筹为辅。丘陵条件下, 当地农村经济主要以种植粮食作物为主, 粮食生产和口粮保障放在优先位置, 因而对灌区的渠道衬砌改造比较重视; 平原地形下, 灌区生产条件一般较好, 作为基本农田保护区在基础条件上的投入力度也比较大, 使得渠道防渗率相应较高; 而山区条件下灌区分布较广泛分散, 政府重视程度和政策性投入没有前两者有优势。

平均渠道条数指标表征了灌区单位面积上渠道的多少, 该指标受地形影响的特征非常明显, 表现为山区(219.91 条) > 丘陵(44.82 条) > 平原(24.84 条)。可以看出灌区分布越细小和分散, 其配套的渠道条数就要相应地增加, 不同规模灌区随着面积的增大, 渠道条数成倍增加, 而丘陵地形下大型灌区渠道条数少于中型灌区, 其原因主要是流溪河灌区归为该类, 而流溪河灌区平原比重较大, 同时大型灌区面积远大于其他地形规模灌区, 造成指标出现部分失真。

进一步分析灌区渠系的结构性差异, 主要分析比较支渠以下与干渠长度比值、支渠以下与干渠防渗率比值和支渠以下与干渠条数比值这 3 个指标。通过分析支渠以下与干渠长度比值指标可以看出: 山区(15.51) > 平原(8.61) > 丘陵(5.26)。山区地形下该指标远大于平原和丘陵地形, 主要与支渠长度有关, 而平原地形下中型和小型灌区大于山区和丘陵地形下相应规模灌区, 山区地形下各规模灌区均大于丘陵地形灌区, 这说明山区灌区受地形地势影响, 干渠长度比重相对较大, 而平原地形下灌区地势平坦, 人口密度较高, 人均耕地较小, 精作程度优于后两者, 种植作物结构中水稻等水田粮食作物相对较少, 蔬菜、花卉等经济作物比重较大, 从而使得灌溉渠道分布更加细化。分析支渠以下与干渠防渗

表 4 不同地形下各类型灌区渠道特征与灌溉水有效利用系数的比较

灌区地形	灌区类型	综合净灌溉定额/ (m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> )	灌溉水有效 利用系数	平均渠道 长度/km	平均渠道 防渗率/%	平均渠道 条数	支渠以下与 干渠长度比值	支渠以下与 干渠防渗率比值	支渠以下与 干渠条数比值
平原	中型灌区	10954	0.433	55.08	19.03	45.67	13.39	1.77	95.71
	小型灌区	7885	0.506	5.15	12.31	4.00	3.83	4.99	31.00
	大型灌区	9300	0.391	205.60	27.89	28.50	9.30	0.64	31.57
丘陵	中型灌区	9442	0.412	66.55	12.36	98.90	3.92	0.60	151.15
	小型灌区	9510	0.464	13.61	15.16	7.07	2.56	1.29	20.48
	大型灌区	9369	0.385	820.67	7.38	611.00	38.38	0.98	610.00
山区	中型灌区	9529	0.415	64.43	17.69	36.25	5.51	0.75	52.70
	小型灌区	8241	0.459	17.95	14.19	12.48	2.64	1.31	27.22

率比值可以看出,总体上平原(3.38)>山区(1.01)>丘陵(0.84),三者相差不大。分析其原因:现阶段平原地区渠道主要侧重干渠以下,无论渠道衬砌或田间工程的改造力度均远大于干渠;而山区和丘陵刚好相反,在有限的投资规模下优先考虑干渠工程的改造防渗处理,这也是导致山区和丘陵地区灌溉水有效利用系数较低的原因。支渠以下与干渠条数比值指标的表现是山区(229.97)>丘陵(67.73)>平原(63.36)。山区地形下该指标远大于丘陵和平原地形,这是因为山区以小型灌区为主,田块分布较为分散,因而支渠以下部分数量较大。而该指标丘陵大于平原的原因主要在于丘陵的中型灌区指标远大于平原,这是由于丘陵地形下的中型灌区规模偏小,以面积较小的中小型灌区为主。

### 3.3 土壤质地的影响

土壤质地直接影响土壤水分的渗漏程度,不同土壤质地的渗漏系数差别很大。因不同类型灌区面积分布较广,其面积范围内土壤质地的分布有多种,为分析方便进行了简单概化处理,即对于有多种类型土壤质地的灌区,以其中占比最大的类型作为该灌区的代表土壤质地。从表5可以看出,在6种不同土壤质地类型下,其综合净灌溉定额和灌溉水有效利用系数差异比较大,综合净灌溉定额表现为粉壤土>黏壤土>沙壤土>壤土>沙河土>黏土;而灌溉水有效利用系数是黏土>沙壤土>粉壤土>沙河土>壤土>黏壤土,并未表现出明显的规律,说明影响灌溉水有效利用系数的因素很多,土壤质地只是其中之一,单个因子并不能决定灌溉水有效利用系数的高低。

表5 不同土壤质地地下灌溉水有效利用系数的比较

土壤质地	综合净灌溉定额/ ( $m^3 \cdot hm^{-2}$ )	灌溉水有效 利用系数	平均渠道 长度/km	平均渠道 防渗率/%
粉壤土	10701	0.48	25.34	24.56
壤土	8020	0.44	13.74	21.39
沙河土	7500	0.47	5.60	4.36
沙壤土	8682	0.52	55.58	13.58
黏壤土	10641	0.43	73.87	5.86
黏土	6433	0.56	25.94	10.27

因为沙河土在广东省所占面积很小,因此分析灌区土壤质地与渠系特征的相关性时只针对另外5种土壤质地。从表5可以看出,平均渠道长度以黏壤土和沙壤土较高,分别为73.87 km和55.58 km,远高于其他土质,而对应的平均渠道防渗率较低,分别为5.86%和13.58%;平均渠道长度以壤土和粉壤土较低,分别为13.74 km和25.34 km,对应平均渠道防渗率较高,分别为21.39%和24.56%;黏土居中,平均渠道长度为25.94 km,平均渠道防渗率为

10.27%。分析可知:渗漏损失较小土质上的灌区单位渠道长度较长,渠道防渗率较低。因此,渠道防渗处理的重点和优先改造部位是渗漏损失较大的渠段。

### 3.4 工程状况的影响

灌区工程状况是决定灌区灌溉水有效利用系数高低的硬件条件。广东省灌区工程状况综合评价分“好”、“中”、“差”3级,所占比例分别为13.08%、72.90%和14.02%,绝大部分以“中”为主,工程状况分布呈橄榄形,具有一定的代表性。以2010年为例,不同工程状况下各类型灌区数据比较见表6。由表6可见,工程状况越好,灌溉水有效利用系数越高,总体上工程状况“好”的灌区灌溉水有效利用系数明显高于工程状况“中”和“差”的灌区。因此,改善灌区的工程状况和提高灌区维护管理水平是提高灌溉水有效利用系数最直接有效的方式一。

表6 不同工程状况下各规模灌区2010年数据比较

灌区类型	工程状况	完成节水改造投资/ 万元	实灌面积/ $hm^2$	节水面积/ $hm^2$	地下水埋深下限/m	平均降雨量/ mm	灌溉水有效利用系数
大型灌区	中	3300.00	51150	2470	8.67	1979.90	0.389
	好	1.36	1770	30	5.00	1796.24	0.421
中型灌区	中	2212.62	4560	790	6.93	1822.11	0.417
	差	157.00	1140	270	5.11	1667.44	0.416
小型灌区	好	3.71	320	80	4.50	1817.86	0.476
	中	18.32	190	40	5.67	1797.90	0.471
	差	0.36	330	10	5.69	1838.11	0.456
纯井灌区	中				12.56	1989.00	0.722

### 3.5 供用水量的影响

2005—2011年广东省总用水量、农业用水量、降雨量的变化见图1。在各项用水指标中,总用水量在459亿~467亿 $m^3$ 之间浮动,极差变幅为1.80%;相应的年降雨量表现出丰枯相间的特点,在1569~2216 mm之间变化,极差变幅达41.24%;农业用水量通常受降雨的丰枯影响较大,但由于各类供水设施的保障作用,农业用水量(包括农田灌溉用水和林牧渔畜用水)变化幅度较小,在230亿~237亿 $m^3$ 之间,极差变幅为2.95%,对灌溉水有效

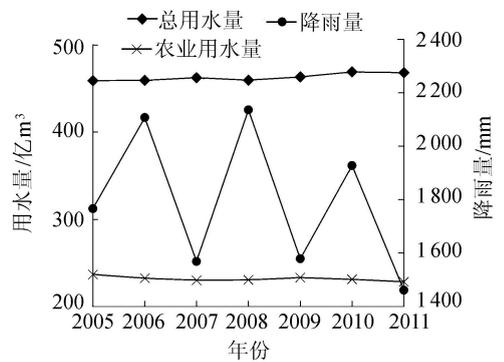


图1 2005—2011年广东省用水量、降雨量变化关系

利用系数的影响较小。各年份降雨量与灌溉水有效利用系数间存在以下回归关系：

$$\eta = -51.49x + 3856.5 \quad R^2 = 0.3946 \quad (1)$$

式中： $x$  为降雨量，mm； $\eta$  为灌溉水有效利用系数。

由此可以看出，降雨量与灌溉水有效利用系数相关性不强，但总体上降雨量增加，灌溉水有效利用系数降低。

### 3.6 耕作面积的影响

从图2可以看出，广东省有效灌溉面积和实灌面积基本稳定；粮食播种面积自2006年之后也趋于稳定，保持在250万 $\text{hm}^2$ 左右；旱涝保收面积变化幅度也较小，在-0.1%~1.6%之间波动；节水灌溉面积呈现逐年快速上升的趋势，期间共增加了6.576万 $\text{hm}^2$ ，年均上升幅度达6.44%。对2005—2011年广东省灌溉水有效利用系数与节水灌溉面积进行拟合分析发现相关度很高，较符合指数函数关系：

$$\eta = 0.299808e^{1.9y} \quad R^2 = 0.9754 \quad (2)$$

式中 $y$ 为当年节水灌溉面积， $\text{hm}^2$ 。

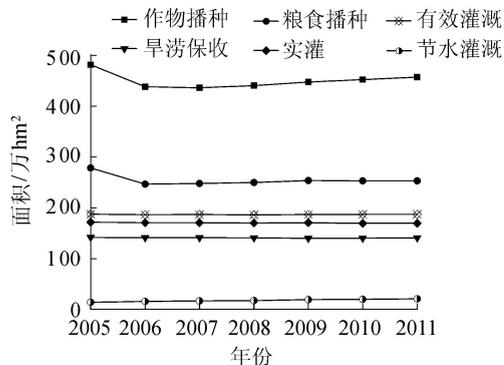


图2 2005—2011年广东省灌溉面积的变化

节水灌溉面积是工程节水和灌溉技术节水设施水平的一个综合体现，随着节水灌溉面积的增加，广东省灌溉水有效利用系数呈指数上升，提高节水灌溉面积对提高灌溉水有效利用系数作用显著，这也是国家大力发展节水灌溉，提高节水灌溉面积的原因所在。

### 3.7 水利投资的影响

由图3可知，2005—2011年广东省水利建设完成投资总计1220.21亿元，总体呈逐年增大的趋势，尤其是2008年以后更明显，其中水源工程投资（主要为水库和泵站工程）与中小型水库的除险加固建设进度一致，而灌溉工程和治涝工程投资呈现逐年加大的趋势，主要与灌区的配套改造、水利建设示范工程、土地整治工程和灌区试点工程等工程的建设有很大关系。

为了分析样点灌区节水改造当年完成投资与灌溉水有效利用系数之间的关系，建立渐近回归方程：

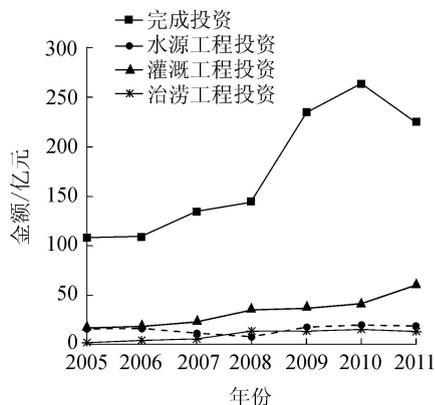


图3 2005—2011年广东省水利投资的变化

$$\eta = 33094.2203 + 3 \times 10^{-6} e^{50.1063z} \quad R^2 = 0.9767 \quad (3)$$

式中 $z$ 为当年完成投资，亿元。

根据该回归方程可估算当年完成投资对灌溉水有效利用系数提高的贡献能力，也可在现有条件下估算灌溉水有效利用系数提高到某一预期目标所需要的投资额，可为水利工程规划改造和宏观决策提供参考。

### 3.8 工程效益的影响

2005—2011年广东省灌区工程效益的变化见表7，可以看出2005—2011年广东省累计新增有效灌溉面积为1.695万 $\text{hm}^2$ ，改善灌溉面积为95.464万 $\text{hm}^2$ ，恢复灌溉面积为18.046万 $\text{hm}^2$ ，渠道维修加固53125km，新增防渗渠道119.964万 $\text{hm}^2$ 。这些效益的发挥，有利于广东省灌溉水有效利用系数的提高。比较各年统计数据发现，新增有效灌溉面积以2009—2011年相对较大，这与政府对水利设施及灌区的投资力度的加大有直接关系。大中型灌区开展续建配套与节水改造工程，小型农田水利工程建设以及水利体制改革的完成，使得广东省灌区整体基础设施和管理运行水平得到了稳步提高，灌区效益稳步增长，从而推动广东省灌溉水有效利用系数的提升。

表7 广东省2005—2011年灌区工程效益变化

年份	新增有效灌溉面积/ $\text{hm}^2$	改善灌溉面积/ $\text{万 hm}^2$	恢复灌溉面积/ $\text{万 hm}^2$	新增治涝面积/ $\text{hm}^2$	渠道维修加固/km	新增防渗渠道/ $\text{万 hm}^2$
2005	350	15.537	3.101	60	7670	43.864
2006	2140	18.004	2.795	1750	10200	34.500
2007	1200	16.746	2.497	4320	9268	23.700
2008	470	15.140	2.432	1110	8400	17.900
2009	4190	9.787	2.310	2180	5619	
2010	3750	9.556	2.354	2270	11968	
2011	4850	10.694	2.557	4790		

## 4 结语

影响灌溉水有效利用系数的因素复杂多样，将

影响灌溉水有效利用系数的因素分成两类:一类是多年基本保持不变的静态因素,另一类是随自然气象条件、人工改造程度和管理水平等变化而变化的动态因素。在对广东省 2005—2011 年样点灌区多年实测数据挖掘整理的基础上,定量分析这两类因素变化对提高灌溉水有效利用系数的作用大小。结果表明:作为以灌区地形地貌、土壤质地和渠系特征为代表的静态因素对灌溉水有效利用系数起着基础性作用,不同状况下灌溉水有效利用系数差异较大;而以工程状况、供用水量、耕作面积和水利投资为代表的动态因素对灌溉水利用系数的提高有着决定性作用,其中,又以节水灌溉面积和完成投资因素对灌溉水利用系数的提高影响最大。同时发现各因素之间也存在着互相影响和制约的关系。为了从机理上解释不同因素影响灌溉水利用系数的程度,需要对各因素进行权重贡献测算并建立动态量化模型,今后有必要进一步开展基础理论研究,以揭示客观变化规律,为区域粮食安全和水资源高效利用提供参考。

#### 参考文献:

[ 1 ] 韩振中,裴源生,李远华,等. 灌溉用水有效利用系数测算与分析[J]. 中国水利,2009(3):11-14. (HAN Zhenzhong, PEI Yuansheng, LI Yuanhua, et al. Estimation and analysis of effective utilization coefficient of irrigated water[J]. China Water Resources, 2009(3):11-14. (in Chinese))

[ 2 ] 茆智:灌溉用水有效利用系数测算分析有助于进一步明确农业节水的主攻方向[J]. 中国水利,2009(3):5-6. (MAO Zhi. Irrigation water is the efficient utilization coefficient estimates to the main direction of analysis help to further clarify the agricultural water conservation [J]. China Water Resources, 2009(3):5-6. (in Chinese))

[ 3 ] 彭世彰,艾丽坤. 提高灌溉水利用系数,保障国家粮食安全与水安全[J]. 水资源保护,2012,28(3):79-82. (PENG Shizhang, AI Likun. Improving irrigation water use coefficient and ensuring national food and water safety [J]. Water Resources Protection, 2012, 28(3):79-82. (in Chinese))

[ 4 ] 王小军,张强,古璇清,等. 基于实测的年度灌溉用水有效利用系数组合预测与分析[J]. 灌溉排水学报,2012(3):87-92. (WANG Xiaojun, ZHANG Qiang, GU Xuanqing, et al. Combination forecast and analysis of actual observed-based annual effective utilization coefficient of irrigation water [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2012(3):87-92. (in Chinese))

[ 5 ] 崔远来,董斌,李远华,等. 农业灌溉节水评价指标与尺度问题[J]. 农业工程学报,2007(7):1-7. (CUI Yuanlai, DONG Bin, LI Yuanhua, et al. Assessment

indicators and scales of water saving in agricultural irrigation [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007(7):1-7. (in Chinese))

[ 6 ] 樊俊江,周纲,王洁. 灌区灌溉水利用系数测试方法的改进[J]. 水利水电科技进展,2013,33(6):44-47. (FAN Junjiang, ZHOU Gang, WANG Jie. Improvement on measuring methods for irrigation water utilization efficiency in irrigation areas [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2013, 33(6):44-47. (in Chinese))

[ 7 ] 高峰,赵克成,许建中,等. 灌溉水利用系数测定方法研究[J]. 灌溉排水学报,2004,23(1):14-20. (GAO Feng, ZHAO Jingcheng, XU Jianzhong, et al. Study on measuring method of utilization coefficient of irrigation water [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2004, 23(1):14-20. (in Chinese))

[ 8 ] 沈小谊,黄永茂,沈逸轩. 灌区水资源利用系数研究[J]. 中国农村水利水电,2003(1):21-24. (SHEN Xiaoyi, HUANG Yongmao, SHEN Yixuan. Research on the water use efficiency in irrigation district [J]. China Rural Water and Hydropower, 2003(1):21-24. (in Chinese))

[ 9 ] 雷波,刘钰,许迪. 灌区农业灌溉节水潜力估算理论与方法[J]. 农业工程学报,2011(1):10-14. (LEI Bo, LIU Yu, XU Di. Estimating theory and method of irrigation water-saving potential based on irrigation district scale [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011(1):10-14. (in Chinese))

[ 10 ] 崔远来,董斌,李远华. 水分生产率指标随空间尺度变化规律[J]. 水利学报,2006,37(1):45-51. (CUI Yuanlai, DONG Bin, LI Yuanhua. Variation of water productivity in different spatial scales [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(1):45-51. (in Chinese))

[ 11 ] 谭芳,崔远来,王建漳. 灌溉水利用率影响因素的主成分分析:以漳河灌区为例[J]. 中国农村水利水电,2009(2):70-73. (TAN Fang, CUI Yuanlai, WANG Jianzhang. Impact factors of irrigation water use efficiency based on principal component analysis: case from Zhanghe Irrigation District [J]. China Rural Water and Hydropower, 2009, (2):70-73. (in Chinese))

[ 12 ] 王小军,张强,古璇清. 基于分形理论的灌溉水有效利用系数空间尺度变异[J]. 地理学报,2012(9):1201-1212. (WANG Xiaojun, ZHANG Qiang, GU Xuanqing. Fractal-based effective utilization coefficient of irrigation water space scale variability [J]. Geographica Sinica, 2012(9):1201-1212. (in Chinese))

[ 13 ] 王卫光,彭世彰. 大型灌区水平衡要素尺度特征研究[J]. 水利学报,2007,38(增刊1):432-435. (WANG Weiguang, PENG Shizhang. Study on scale dependency of water balance in irrigation district [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2007, 38(Sup1):432-435. (in Chinese))

(收稿日期:2013-12-30 编辑:骆超)