

## 灌溉用水有效利用系数测算与分析

**摘要：**全国灌溉用水有效利用系数测算与分析采用点与面相结合、调查统计与观测分析相结合、微观研究与宏观分析评价相结合的方法。样点灌区采用首尾测算分析方法。在各省（自治区、直辖市）代表不同规模与类型（大、中、小型灌区和纯井灌区）的典型样点灌区分析的基础上，采用加权平均的方法得出不同规模与类型灌区和各省及全国灌溉用水有效利用系数平均值。样点灌区具有广泛的代表性，该成果可以作为灌溉用水效率宏观评价的依据。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》将资源利用效率显著提高作为经济社会发展的主要目标之一，明确要求到“十一五”末全国灌溉用水有效利用系数提高到 0.5（预期性指标）。为了适应我国节约型社会建设和节水灌溉发展的要求，跟踪灌溉用水效率动态变化情况，科学评估“十一五”规划目标实现程度，为制定“十二五”灌区改造与节水灌溉发展规划提供基础依据，水利部于 2005 年底启动了全国灌溉用水有效利用系数测算与分析工作。该工作涉及面广、技术性强、工作量大。水利部领导高度重视，专门成立了以农村水利司牵头的工作组和由中国灌溉排水发展中心、中国水利水电科学研究院、武汉大学、中国农业大学、水利部新乡灌溉研究所等单位专家组成的专家组，分别负责组织协调与技术指导工作。各省（自治区、直辖市）和新疆生产建设兵团（以下简称“新疆兵团”）根据统一技术指南要求，由农水主管部门负责，以水科院（所）、灌溉试验中心站、水利技术中心等单位为技术支撑单位，开展样点灌区灌溉用水效率的测算分析以及省（自治区、直辖市）和新疆兵团资料汇总分析。据不完全统计，全国参加本项工作的专家与技术人员达 1 500 多人。

灌溉用水有效利用系数是灌溉工程规划设计中一个重要指标，在工程设计规范中对其分析计算方法有明确规定，从灌溉用水有效利用系数获取的方式方法来看，综合反映了设计水平年一个灌区“标准状态”渠道系统工程状况、能力和田间灌溉水平下的灌溉用水效率，但不能很好地反映包括管理在内的其他因素的影响。

本文采用灌溉用水有效利用系数，作为宏观评价灌溉用水效率的指标，其测算分析采用首尾测算分析法，直接量测统计灌区从水源引入（取用）的毛灌溉用水总量，并通过测算分析得到同期的田间实际净灌溉用水总量，净灌溉用水总量与毛灌溉用水总量的比值即为灌区的灌溉用水有效利用系数。该指标表征了灌溉用水效率实际状况与水平，综合反映工程状况、灌溉技术、管理水平等因素的影响。

### 一、技术路线与方法

#### 1. 技术路线

全国灌溉用水有效利用系数测算与分析采用点与面相结合、调查统计与观测分析相结合、微观研究与宏观分析评价相结合的方法进行测算分析。各省（自治区、直辖市）在对灌区与灌溉状况综合调研与分析的基础上，选择代表不同规模与类型（大、中、小型灌区和纯井灌区）的典型灌区作为样点灌区，构建本省（自治区、直辖市）灌溉用水有效利用系数测算分析网络；搜集整理样点灌区相关灌溉用水管理、气象、灌溉试验资料，并开展必要的田间观测，通过综合分析，得出样点灌区灌溉用水有效利用系数；以样点灌区测算分析结果为基础，利用加权平均得到不同规模与类型灌区的灌溉用水有效利用系数平均值，进而利用不

同规模灌区灌溉用水量加权平均计算各省（自治区、直辖市）平均值；在各省（自治区、直辖市）测算分析结果的基础上，根据灌溉用水量加权平均推算全国的灌溉用水有效利用系数。

## 2. 测算分析方法

样点灌区灌溉用水有效利用系数测算采用首尾测算分析法。灌区灌溉用水有效利用系数即为某时段（1年）灌区田间净灌溉用水量与从灌溉系统取用的毛灌溉用水总量的比值。计算公式如下：

$$\eta_w = \left( \frac{W_j}{W_a} \right)$$

式中  $\eta_w$  为灌区灌溉用水有效利用系数， $W_j$  为灌区净灌溉用水量（ $m^3$ ）， $W_a$  为灌区毛灌溉用水量（ $m^3$ ）。

计算分析时段以测算分析年的日历年为准，即每年1月1日至12月31日；对于跨年度的作物则应分段计算（以下同），合理确定测算分析年该作物净灌溉用水量。

年毛灌溉用水量  $W_a$  是指灌区全年从水源地等灌溉系统取用的用于农田灌溉的总水量，其值等于取水总量中扣除由于工程保护、防洪除险等需要的渠道（管路）弃水量、向灌区外的退水量以及非农业灌溉水量等。年毛灌溉用水量应根据灌区从水源地等灌溉系统实际取水测量值统计分析取得。在一些利用塘堰坝或其他水源与灌溉水源联合灌溉供水的灌区，塘堰坝蓄水和其他水源用于灌溉的供水量等根据实际情况采取合理方法进行分析后计入灌区毛灌溉用水量中。

净灌溉用水量分析计算针对旱作充分灌溉、旱作非充分灌溉、水稻常规灌溉和水稻节水灌溉等几种主要灌溉方式分别采取典型观测与相应计算分析方法等合理确定不同作物的净灌溉定额，根据不同作物灌溉面积进而得到净灌溉用水量。如果灌区范围较大，不同区域之间气候气象条件、灌溉用水情况等差异明显，则在灌区内分区域进行典型分析测算，再以分区结果为依据汇总分析整个灌区净灌溉用水量。对于非充分灌溉、有洗盐要求和作物套种等情况分别采取相应方法进行分析计算。

对于井渠结合的灌区，如果井灌区和渠灌区交错重叠，无法明确区分，则将灌溉系统作为一个整体进行考虑，分别统计井灌提水量和渠灌引水量，以两者之和作为灌区总的灌溉用水量。有些渠灌区中虽包含有井灌面积，但两者相对独立，这种情况下井灌和渠灌作为两种类型分别单独计算。

各省（自治区、直辖市）和新疆兵团区域内大、中、小型灌区灌溉用水有效利用系数平均值，根据大、中、小型灌区典型代表样点灌区测算结果为基础分析计算得到。对于井灌区，根据土渠输水、渠道防渗、低压管道输水、喷灌、微灌等5类方式分别选择代表样点，利用各类样点测算分析结果分别计算井灌土渠输水、渠道防渗、低压管道输水、喷灌、微灌情况

下的灌溉用水有效利用系数,然后利用灌溉用水量加权平均得到井灌区的灌溉用水有效利用系数平均值。

各省(自治区、直辖市)和新疆兵团的灌溉用水有效利用系数根据该省大、中、小型灌区和纯井灌区的灌溉用水量加权平均得出。全国的灌溉用水有效利用系数根据各省(自治区、直辖市)和新疆兵团的灌溉用水量加权平均得出。

## 二、主要成果

根据各省(自治区、直辖市)和新疆兵团实际情况,考虑水源条件与类型、工程状况、管理水平等因素,确定了代表本省(自治区、直辖市)和新疆兵团的大、中、小型灌区和纯井灌区代表性样点,构成了全国测算分析网络。在2006年确定样点的基础上,为了更加符合实际情况,2007年对样点进行了适当补充完善,同时,兼顾样点灌区的动态代表性。

### 1. 全国及不同规模灌区灌溉用水有效利用系数

根据各省不同规模灌区灌溉用水量和灌溉用水有效利用系数测算分析值,利用水量加权平均得到全国灌溉用水有效利用系数平均值,2007年为0.475,全国大、中、小型和井灌区灌溉用水有效利用系数平均值分别为0.430、0.433、0.471和0.683,2007年与2006年分析结果比较见表1。

表1 不同规模灌区灌溉用水有效利用系数测算结果汇总表

年度	全国平均	大型灌区	中型灌区	小型灌区	纯井灌区
2006	0.463	0.416	0.425	0.462	0.688
2007	0.475	0.430	0.433	0.471	0.683
提高值	0.012	0.014	0.008	0.009	-0.005
提高百分数	2.6	3.4	1.9	2.0	-0.7

从表1可以看出,灌区规模大,由于输水距离长,灌溉配水与用水环节多,水量损失相应较大,则灌溉用水有效利用系数相对较小。与2006年相比,全国灌溉用水有效利用系数提高了约2.6%,其中,由于大型灌区续建配套与节水改造持续稳定投入,节水效益逐步发挥,其灌溉用水有效利用系数增幅最大,为3.4%。近年,井灌区没有稳定投入渠道,且多数由农民自建自管,工程条件基本没有改善,甚至个别地区还有退化趋势,使其灌溉用水有效利用系数徘徊在0.68左右。

### 2. 各省灌溉用水有效利用系数分布

根据全国31个省(自治区、直辖市)和新疆兵团灌溉用水有效利用系数测算分析结果,2007年灌溉用水有效利用系数均值均在0.35以上,其中,超过0.55的有5个、占15.6%,0.45~0.55的省份有15个、占46.9%,0.35~0.45的省份有12个、占37.5%。从省际差

异来看，小型灌区面积、井灌区面积、节水灌溉工程面积占灌溉面积比例较大的省份，灌溉用水有效利用系数较高，反之，则较低。

随着工程条件的改善与管理水平的提高，各省灌溉用水效率均有不同程度提高。与 2006 年相比，超过 0.55 的省份比 2006 年增加了 1 个，0.45~0.55 之间的省份比 2006 年增加了 2 个，0.45 以下的省份减少了 3 个。

**表 2 各省灌溉用水有效利用系数分布情况统计表**

灌溉用水有效 利用系数范围	2006 年		2007 年	
	省份个数	占百分比(%)	省份个数	占百分比(%)
总计	32	100	32	100
0.55 以上	4	12.5	5	15.6
0.45~0.55	13	40.6	15	46.9
0.35~0.45	14	43.8	12	37.5
0.35 以下	1	3.1	-	-

### 3. 不同分区灌溉用水有效利用系数

根据全国不同地理位置与水资源条件，对全国华北地区、西北地区、东北地区、中部地区、东南沿海地区和西南地区等 6 个不同区域进行了分析，不同分区灌溉用水有效利用系数见表 3。

由于全国各地地理位置、气候、土壤、工程条件、管理水平等差异较大，灌溉用水有效利用系数也有明显差异。从表 3 可以看出，华北地区是缺水较为严重的地区之一，工程设施条件相对较好，井灌区面积、节水灌溉面积占灌溉面积比例大，灌溉用水有效利用系数最高，东北地区次之；西南地区水资源相对丰富，工程设施相对薄弱，灌溉用水有效利用系数最低。

表 3 不同分区灌溉用水有效利用系数平均值

不同区域	省份个数	包含的省份	2006 年		2007 年	
			省级系数变幅	区域系数均值	省级系数变幅	区域系数均值
华北地区	6	北京、天津、河北、河南、山西、山东	0.474~0.658	0.569	0.489~0.675	0.575
东北地区	3	黑龙江、吉林、辽宁	0.511~0.536	0.527	0.494~0.540	0.532
东南地区	6	福建、浙江、江苏、上海、广东、海南	0.399~0.600	0.482	0.415~0.718	0.495
西北地区	7	宁夏、内蒙古、新疆、兵团、青海、甘肃、陕西	0.395~0.502	0.440	0.399~0.502	0.458
中部地区	4	湖南、湖北、安徽、江西	0.395~0.444	0.414	0.412~0.454	0.432
西南地区	6	云南、贵州、四川、重庆、广西、西藏	0.309~0.405	0.381	0.359~0.421	0.387

### 三、主要结论

总结两年来的灌溉用水有效利用系数测算与分析工作，可以得出以下主要结论：

① 首尾测算分析法科学合理、简单易行，取得成果可以作为灌溉用水效率宏观评价的依据。样点灌区具有广泛的代表性，专家与技术人员对于样点灌区的数据进行了认真分析，反复校核，由于采用统一的技术方法，各省的测算分析结果具有共同的基准，本次测算分析得出的各省与全国灌溉用水有效利用系数具有较好的基础。另外，全国灌溉用水有效利用系数平均值有各省数据和不同规模样点灌区数据的支撑，其与各省灌溉用水有效利用系数和不同规模灌区灌溉用水有效利用系数相协调。

② 工程状况与管理水平对于灌溉用水有效利用系数影响突出。根据样点灌区测算结果，在大型灌区中，进行节水改造的大型灌区其灌溉用水有效利用系数明显高于没有改造的灌区，尤其是通过节水改造，可以有力地促进水价改革与管理水平的提高，从而显著提高灌溉用水有效利用系数。由于一些中、小型灌区工程老化破旧，丧失了原有功能，管理更加落后，有些还处于管理缺位的状态，其灌溉用水有效利用系数甚至低于大型灌区，尤其是在西南地区更为突出。今后应加大灌区节水改造力度，改善输水工程与田间工程，提高管理水平与管理能力，显著提高灌溉用水效率。

③ 现状灌溉用水有效利用系数与节水灌溉要求相比还有较大差距。2007 年全国大、中、小型、纯井灌区的平均灌溉用水有效利用系数分别为 0.430、0.433、0.471 和 0.683。而从

工程建设角度，《节水灌溉工程技术规范》（GB/T 50363—2006）中规定，达到节水灌溉工程标准时则大、中、小型和纯井灌区的灌溉用水有效利用系数应该分别达到 0.50、0.60、0.70 和 0.80，由此可以看出，现状灌溉用水有效利用系数与达到节水灌溉的能力要求还有较大差距。

#### 四、存在问题及下一步打算

灌溉用水有效利用系数测算分析工作取得了一些成果，但也存在一些问题，如技术支撑力量有待加强；基于样点灌区的测算分析网络需要完善；典型观测工作相对薄弱；数据整理分析工作有待进一步规范等。这些问题的存在，不同程度影响了测算分析工作的顺利开展和成果质量。为了更好地开展灌溉用水有效利用系数测算分析工作，不断提高成果质量，为政府宏观决策提供可靠的基础依据，今后将进一步做好以下工作：

① 强化测算分析的技术支撑力量。宣传灌溉用水有效利用系数测算分析工作的重要意义，争取各级水行政主管部门领导的重视和支持，保障工作经费，建立并稳定技术支撑队伍。

② 完善各省及全国测算分析网络，跟踪分析灌溉用水有效利用系数动态变化。根据实际要求，既要保证样点的稳定性，又要兼顾样点的动态代表性，构建好全国和各省灌溉用水有效利用系数测算分析网络，建立有效工作机制，跟踪分析“十一五”期间各省和全国灌溉用水效率变化。

③ 开发完成省级测算分析计算软件和全国灌溉用水有效利用系数信息管理系统。进一步统一规范测算分析技术方法，完善数据整理分析工作程序，充分利用计算机与信息技术，不断提高技术工作效率与成果准确性。

④ 完善量水设施，加强典型观测。根据灌区实际情况，确定好典型观测区与观测任务，结合工程改造等完善灌区量水设施和必要的观测试验设备，加强基础数据的观测与积累，为测算分析提供基础支持。

⑤ 进一步加强灌溉用水有效利用系数测算分析与节水潜力研究，为灌溉工程节水改造宏观决策提供基础支撑。除了面上测算分析外，结合样点灌区开展深入研究，分析工程改造（骨干工程、田间工程）、管理措施等不同措施对灌溉用水效率提高的贡献度；评价灌区不同环节节水改造投入对灌溉用水效率的影响；基于技术经济和生态效应的灌溉用水效率阈值；研究不同类型地区适宜的节水模式和节水方案、节水措施的优化和调控方法等，分析评估我国不同类型地区灌溉节水潜力和节水阈值等。