

全国灌溉水有效利用系数测算分析

## 技术指导细则

中国灌溉排水发展中心

2024年12月



# 目 录

前言 .....	1
<b>1 测算分析工作总体框架与流程 .....</b>	<b>2</b>
<b>2 灌溉水有效利用系数测算分析方法 .....</b>	<b>4</b>
2.1 灌区灌溉水有效利用系数测算分析方法 .....	4
2.2 区域灌溉水有效利用系数测算分析方法 .....	4
2.3 全国灌溉水有效利用系数测算分析方法 .....	4
<b>3 样点灌区选择 .....</b>	<b>6</b>
3.1 样点灌区选择原则 .....	6
3.2 样点灌区数量要求 .....	6
3.3 样点灌区调整条件 .....	7
3.4 流域灌溉水有效利用系数测算分析中几种特殊情况 .....	8
<b>4 样点灌区灌溉水有效利用系数测算 .....</b>	<b>9</b>
4.1 典型田块选取 .....	9
4.2 典型田块亩均净灌溉水量测量方法 .....	11
4.3 样点灌区年总净灌溉水量测算 .....	16
4.4 样点灌区年总毛灌溉水量计算与分析 .....	19
4.5 样点灌区灌溉水有效利用系数计算 .....	20
<b>5 区域灌溉水有效利用系数计算分析 .....</b>	<b>22</b>
5.1 区域大型灌区灌溉水有效利用系数计算 .....	22
5.2 区域中型灌区灌溉水有效利用系数计算 .....	22
5.3 区域小型灌区灌溉水有效利用系数计算 .....	23

5.4	区域纯井灌区灌溉水有效利用系数计算 .....	23
5.5	区域灌溉水有效利用系数计算 .....	24
<b>6</b>	<b>全国灌溉水有效利用系数计算 .....</b>	<b>25</b>
6.1	全国大型灌区灌溉水有效利用系数平均值计算 .....	25
6.2	全国中型灌区灌溉水有效利用系数平均值计算 .....	25
6.3	全国小型灌区灌溉水有效利用系数平均值计算 .....	25
6.4	全国纯井灌区灌溉水有效利用系数平均值计算 .....	26
6.5	全国灌溉水有效利用系数平均值计算 .....	26
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>27</b>
一、	样点灌区基本资料调查表 .....	29
二、	测算分析成果汇总表 .....	39

# 前言

灌溉水有效利用系数是在某次或某一时间内被农作物利用的净灌溉水量与水源渠首处总灌溉引水量的比值，它与灌区自然条件、工程状况、用水管理水平、灌水技术等因素有关。

为统一测算分析方法，水利部原农村水利司于 2007 年 8 月下发了《全国现状灌溉水有效利用系数测算技术方案》，2008 年 1 月下发了《全国灌溉水有效利用系数测算分析技术指南》（以下简称《技术指南》）。2012 年，为适应实行最严格水资源管理制度需要，中国灌溉排水发展中心（以下简称灌排中心）对《技术指南》进行修订，重点细化完善了典型田块选取、样点灌区选择及净灌溉水量测算等内容，同时对附表数量和内容也作了调整和补充，于 2013 年下发《全国灌溉水有效利用系数测算分析技术指导细则》（以下简称《技术指导细则》）。

近年来，农业节水工作不断深化，新技术不断应用，对灌溉水有效利用系数测定提出了新要求。为进一步适应实行最严格水资源管理制度、节水灌溉发展及发展新质生产力需要，科学评价灌溉用水效率与节水潜力，规范灌区和包括流域在内的区域灌溉水有效利用系数测算方法，在总结近年来实践经验基础上，灌排中心对《技术指导细则》进行了系统修订。本次修订重点优化了净灌溉水量测量方法、典型田块选取与样点灌区选择要求，明确了南方平原河网灌区毛灌溉水量确定方法，细化了淋洗盐碱地用水定额要求，规范了计量用语等。

《技术指导细则》内容包括：前言、测算分析工作总体框架与流程、灌溉水有效利用系数测算分析方法、样点灌区选择、样点灌区灌溉水有效利用系数测算、区域灌溉水有效利用系数计算分析、全国灌溉水有效利用系数计算和附录等 8 部分。

# 1 测算分析工作总体框架与流程

灌溉水有效利用系数测算分析采用点与面相结合、实地观测与调查研究分析相结合、微观研究与宏观分析评价相结合的方法进行。

各省（自治区、直辖市）和新疆生产建设兵团（以下简称“各省”）、各流域在对灌区综合调研的基础上，分类汇总分析灌区的灌溉面积、工程设施与用水状况等，选择能代表大型灌区（设计灌溉面积  $A \geq 30$  万亩）、中型灌区（ $1$  万亩  $\leq A < 30$  万亩）、小型灌区（ $A < 1$  万亩）和纯井灌区等 4 种不同规模与类型、不同工程状况、不同水源条件与管理水平的样点灌区，构建相对稳定的各省、各流域灌溉水有效利用系数测算分析网络；收集整理样点灌区有关资料，选择样点灌区、选取典型田块，测算样点灌区典型田块年亩均净灌溉水量，分析计算样点灌区净灌溉水量和灌溉水有效利用系数；以样点灌区测算结果为基础，逐级汇总分析，计算不同规模、不同类型灌区以及不同区域的灌溉水有效利用系数。具体流程如下：

第一，各省水行政主管部门分析评价全省样点灌区的代表性，确定各规模与类型样点灌区；各流域管理机构可在此基础上补充完善，确定流域各规模与类型样点灌区。各省水行政主管部门/各流域管理机构将样点灌区名单上报水利部农水水电司，并抄送灌排中心。

第二，水利部农水水电司委托灌排中心组织专家对各省/各流域管理机构上报的样点灌区进行复核，各省/各流域管理机构根据复核意见进行完善。

第三，测算分析样点灌区灌溉水有效利用系数，进而分析推算各省/各流域不同规模与类型灌区的灌溉水有效利用系数。

第四，各省/各流域根据不同规模与类型灌区灌溉水有效利用系数，计算各省/各流域灌溉水有效利用系数。

第五，由各省水行政主管部门/各流域管理机构组织专家对测算分析成果进行评审后，上报水利部农水水电司，并抄送灌排中心。

第六，水利部农水水电司委托灌排中心组织专家对各省/各流域管理机构上报成果进行分析复核，各省/各流域管理机构根据复核意见进行修改完善。灌排中心根据各省/各流域管理机构最终上报测算分析成果，计算全国灌溉水有效利

用系数；之后，灌排中心组织专家对全国测算分析成果进行咨询，经进一步完善后形成年度全国灌溉水有效利用系数测算分析成果报告。

测算分析工作总体框架与流程如图 1-1 所示。

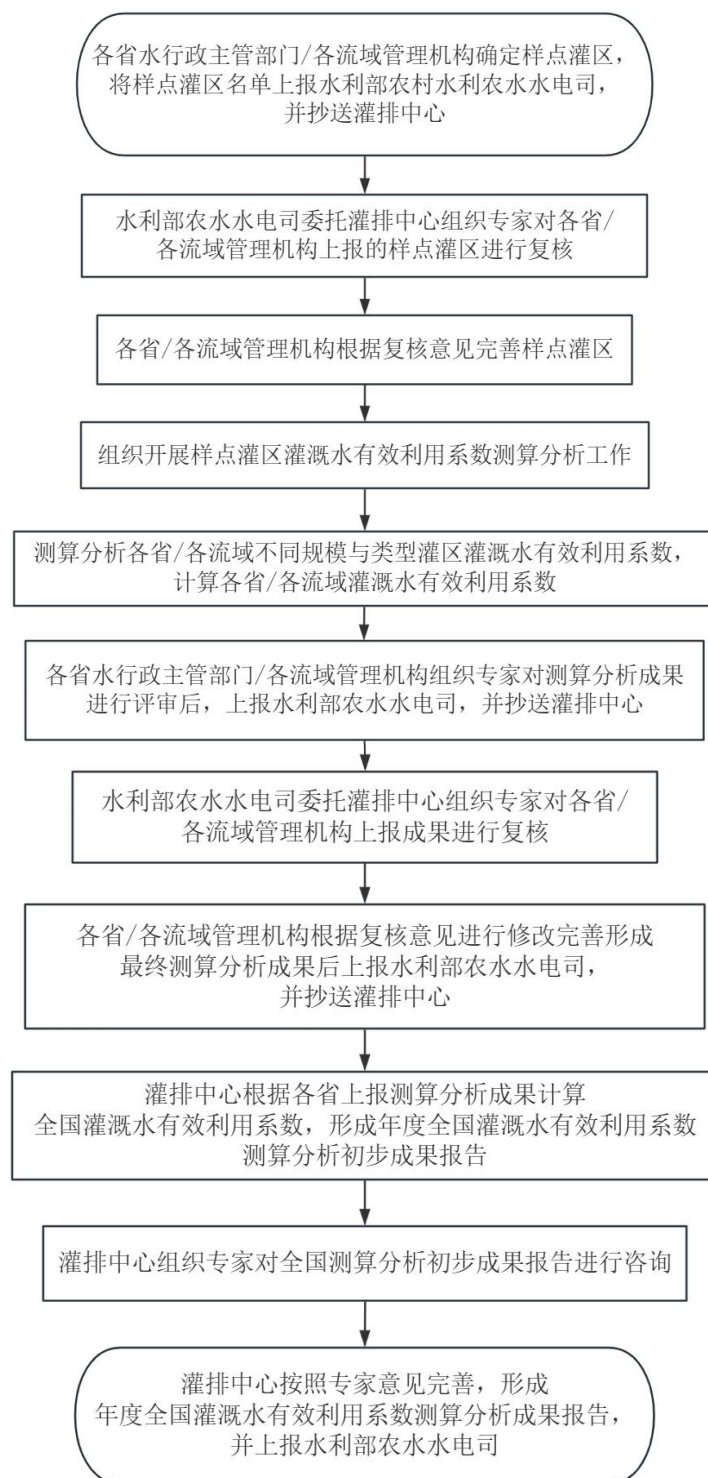


图 1-1 灌溉水有效利用系数测算分析工作总体框架与流程

## 2 灌溉水有效利用系数测算分析方法

### 2.1 灌区灌溉水有效利用系数测算分析方法

《技术指导细则》采用“首尾测算法”，即直接用灌入田间可被作物利用的水量（净灌溉水量）与灌区从水源取用的灌溉总水量（毛灌溉水量）的比值来计算灌区灌溉水有效利用系数，计算公式如下：

$$\eta = \frac{W_{\text{净}}}{W_{\text{毛}}} \quad (2-1)$$

式中  $\eta$ ——灌区灌溉水有效利用系数；

$W_{\text{净}}$ ——灌区总净灌溉水量， $\text{m}^3$ ；

$W_{\text{毛}}$ ——灌区总毛灌溉水量， $\text{m}^3$ 。

为了能够反映灌区灌溉水利用的整体情况，同时便于汇总分析，计算分析时段采用日历年（每年1月1日起至12月31日止）。

### 2.2 区域灌溉水有效利用系数测算分析方法

区域指省级及其以下各级行政区域，以及流域等。

根据不同规模与类型样点灌区灌溉水有效利用系数，计算区域相应灌区的灌溉水有效利用系数，再根据区域不同规模与类型灌区灌溉水有效利用系数及其年毛灌溉水量加权平均，得出该区域灌溉水有效利用系数。

### 2.3 全国灌溉水有效利用系数测算分析方法

全国灌溉水有效利用系数以各省灌溉水有效利用系数为基础计算得出。以各省及其不同规模与类型灌区灌溉水有效利用系数和毛灌溉水量加权平均，分别得出全国灌溉水有效利用系数及全国不同规模与类型灌溉水有效利用系数。具体测算分析技术框架如图 2-1 所示。



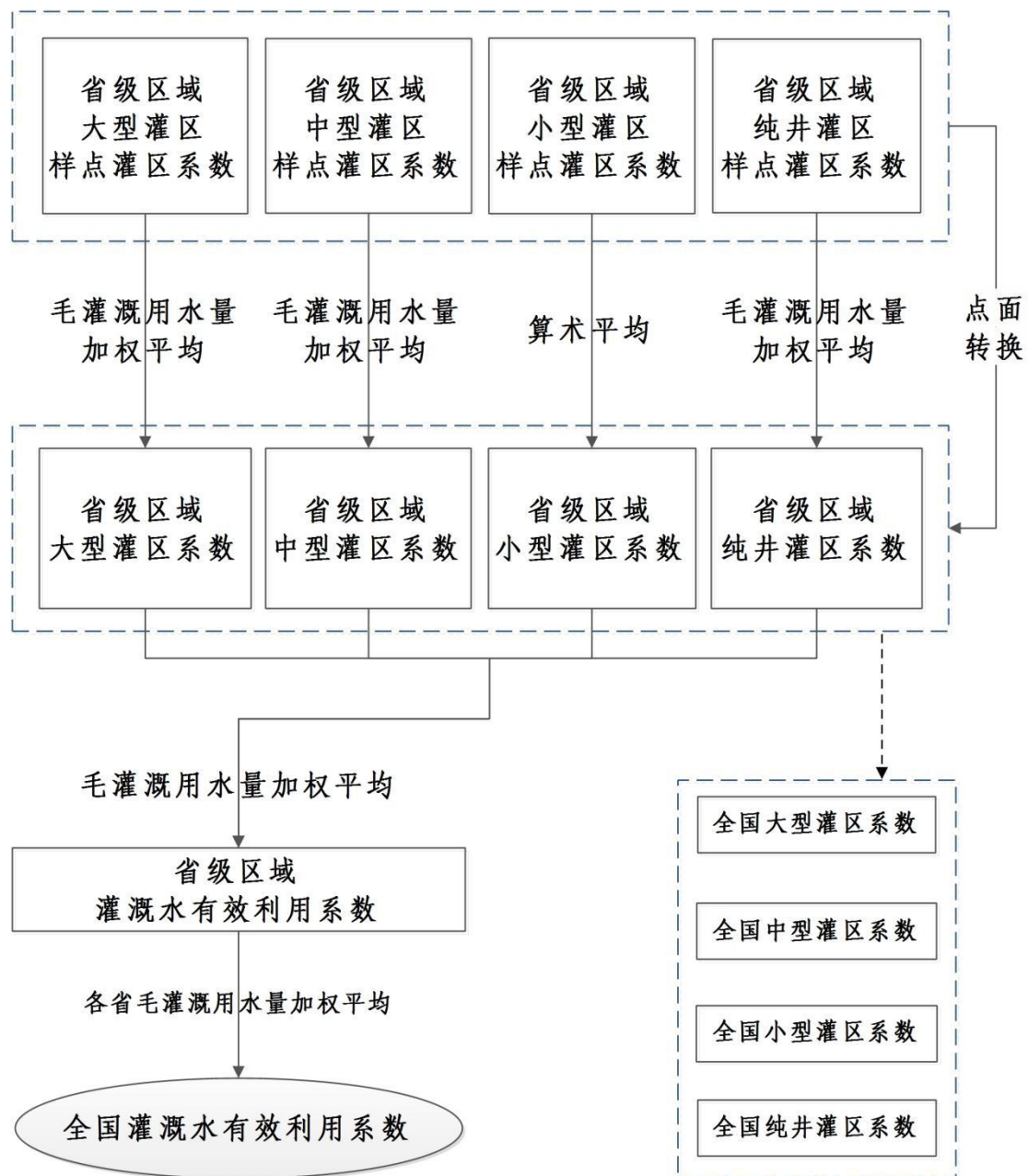


图 2-1 灌溉水有效利用系数测算分析技术框架

## 3 样点灌区选择

### 3.1 样点灌区选择原则

样点灌区应按照具有代表性、可行性和稳定性等原则选择。在选择过程中，要考虑区域内灌溉面积的分布、灌区续建配套与现代化改造等情况，尽量使所选的样点灌区能总体上反映区域灌区整体特点。

(1) **代表性**。综合考虑灌区的地形地貌、土壤类型、工程设施、管理水平、水源条件（提水、自流引水）、作物种植结构等因素，所选样点灌区能代表省级区域/流域范围内同规模与类型灌区。

(2) **可行性**。样点灌区应配备计量设施及土壤水分测量设备，具有能开展测算分析工作的技术力量及必要经费支持，保证及时、方便、可靠地获取测算分析基本数据。

(3) **稳定性**。样点灌区在年际内要保持相对稳定，使测算分析工作连续进行，获取的数据具有年际可比性。全国大型灌区名录（最新发布版）内所有大型灌区均应作为样点灌区纳入测算分析范围，中型灌区样点灌区无特殊情况应保持稳定。小型和纯井灌区样点灌区可根据测算条件变化做必要调整，但调整数量不能大于其样点灌区总数的 5%。

### 3.2 样点灌区数量要求

(1) **大型灌区**：全国大型灌区名录（最新版本）内所有大型灌区均应纳入测算分析范围，即全国大型灌区名录（最新版本）内大型灌区均为样点灌区。

(2) **中型灌区**：按设计灌溉面积大小分为 3 个档次，即  $1 \text{ 万亩} \leq A_{\text{中型}} < 5 \text{ 万亩}$ 、 $5 \text{ 万亩} \leq A_{\text{中型}} < 15 \text{ 万亩}$ 、 $15 \text{ 万亩} \leq A_{\text{中型}} < 30 \text{ 万亩}$ ，每个档次的样点灌区数量不应少于本区域相应档次灌区总数的 5%，各档次样点灌区耕地灌溉面积不应少于本区域相应档次灌区耕地灌溉面积的 10%。同时，每个档次的样点灌区中应包括提水和自流引水 2 种水源类型，且数量和耕地灌溉面积选取比例应与区域该档次比例基本一致。

(3) **小型灌区**：由于小型灌区面积没有下限，为了便于实际操作，《技术指导细则》规定单个小型灌区样点灌区的耕地灌溉面积不小于 100 亩。一般情况下，小型灌区样点灌区数量与面积宜考虑以下因素：一是样点灌区数量不少于全区域

小型灌区取样范围内（100亩~10000亩）数量的0.5%，一般不超过100个（考虑工作量时的设定数量，不是必须要求的上限；如果条件允许，可以按计算比例得到的数量选择），最少不少于10个；当区域内小型灌区数量不足10个时，按实际数量全部选取。二是样点灌区耕地灌溉面积不应小于该区域全部小型灌区耕地灌溉面积的1%。三是样点灌区应包括提水和自流引水2种水源类型，不同水源类型的样点灌区数量和耕地灌溉面积应与区域内同类型灌区有关指标比例**基本一致**。

（4）**纯井灌区**：以单井控制灌溉面积作为一个样点灌区。纯井灌区应区分土质渠道输水地面灌、防渗渠道输水地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等5种灌溉类型选择代表性样点灌区，具体要求如下：

上述5种灌溉类型中，同种主要土壤类型、同种主要作物至少选择3个样点灌区，且在区域范围内分布均匀，作物种类应选择当地该灌溉形式下的主要类型。当纯井灌区某种类型灌区耕地灌溉面积占该区域纯井灌区耕地灌溉面积30%及其以上时，该类型灌区样点灌区数量须按上述选取数量要求的2倍选取。同时，不同类型纯井灌区样点灌区数量应与区域同类型灌区有关指标比例**基本一致**。

### 3.3 样点灌区调整条件

区域内所选的样点灌区年际间应保持相对稳定。当区域内同规模或类型的样点灌区由于续建配套与现代化改造等原因达不到代表性的要求时，应进行调整。

1. 当区域内同种规模或类型全部样点灌区连续3年的亩均续建配套与现代化改造投入平均增加值与区域同规模或类型灌区的亩均续建配套与现代化改造投入平均增加值相差20%以内时，参与测算分析的样点灌区不作调整，以保持稳定；当二者相差大于等于20%时，应经省级水行政主管部门/流域管理机构充分论证并复核确认后，对参与测算分析的样点灌区进行调整，使二者差值控制在20%之内；再以调整后的该规模或类型样点灌区的灌溉水有效利用系数测算分析值为基础，计算省级区域/流域同规模或类型灌区的灌溉水有效利用系数。

2. 当区域内样点灌区数据变化，不再符合《技术指导细则》对各规模与类型灌区数量和面积占比要求时，应经省级水行政主管部门/流域管理机构充分论证并复核确认后，对参与测算分析的样点灌区进行调整。

3.流域可以选择流域内各省样点灌区作为流域样点灌区。如果现有样点灌区不满足《技术指导细则》要求，可以协调流域内各省适当补充完善样点灌区（流域补充完善样点灌区可不纳入各省灌溉水有效利用系数测算范围）。

## 4 样点灌区灌溉水有效利用系数测算

首先选取典型田块，然后依照一定方法测算分析典型田块年亩均净灌溉水量，进而分析计算样点灌区年净灌溉水量；最后，以样点灌区年净灌溉水量、年毛灌溉水量为基础，分析计算样点灌区灌溉水有效利用系数。

样点灌区灌溉水有效利用系数测算流程见图 4-1。

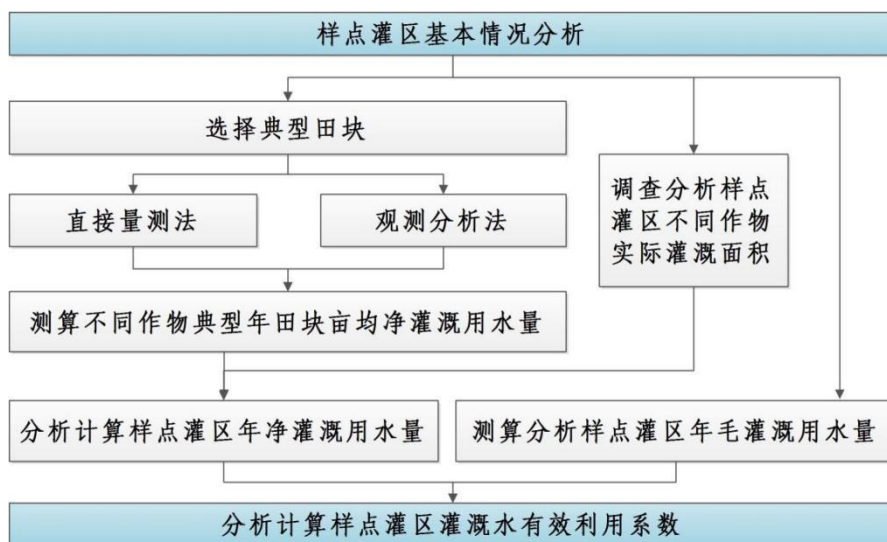


图 4-1 样点灌区灌溉水有效利用系数测算流程

### 4.1 典型田块选取

对于播种面积超过灌区总播种面积 10%以上的作物，须分别选取典型田块。对于播种面积占总播种面积 10%及以下的作物，有条件的也可分别选取典型田块。对于耕地上种植果林的，也应参照作物选取典型田块。为方便叙述，以下均以作物为例进行说明。

典型田块要边界清楚、形状规则、面积适中；综合考虑作物种类、灌溉方式、畦田规格、地形、土地平整程度、土壤类型、灌溉制度与方法、地下水埋深等方面的代表性；有固定的进水口和排水口（一般来说，水稻在灌溉过程中不排水，将排水作为特殊情况考虑，不选串灌串排的田块）；具备测量进水量或土壤含水量的条件。

大型灌区应至少在上、中、下游有代表性的斗渠控制范围内分别选取典型田块，每种需观测的作物种类至少选取 3 个典型田块。

中型灌区样点灌区应至少在上、下游有代表性的农渠控制范围内分别选取典型田块，每种需观测的作物种类至少选取 3 个典型田块。

小型灌区样点灌区应按照作物种类、耕作和灌溉制度与方法、田面平整程度等因素选取典型田块，每种需观测的作物种类至少选取 3 个典型田块。

纯井样点灌区应按照土质渠道输水地面灌、防渗渠道输水地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种类型进行选取，在同种灌溉类型下每种需观测的作物至少选择 3 个典型田块。典型田块选择数量参见表 4-1。

表 4-1 典型田块范围与数量选取要求参考表

灌区规模与类型		样点灌区片区	灌区主要作物种类 (m)	典型田块选取数量 (N)	典型田块总数量
大型灌区	上游		作物 1	≥ 3	$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m N_{ij}$ 式中： <i>m</i> : 某片区作物种类数量，种； <i>n</i> : 取值 1、2、3，分别指上游、中游、下游； <i>N<sub>ij</sub></i> : 第 <i>j</i> 个片区第 <i>i</i> 种作物典型田块数量，块。
			作物 2	≥ 3	
		...	≥ 3		
	中游		作物 1	≥ 3	
			作物 2	≥ 3	
		...	≥ 3		
	下游		作物 1	≥ 3	
			作物 2	≥ 3	
		...	≥ 3		
中型灌区	上游		作物 1	≥ 3	$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m N_{ij}$ 式中： <i>n</i> : 取值 1、2，分别指上游、下游； 其他符号意义同上。
			作物 2	≥ 3	
		...	≥ 3		
	下游		作物 1	≥ 3	
			作物 2	≥ 3	
		...	≥ 3		
小型灌区	—		作物 1	≥ 3	$\sum_{i=1}^m N_i$ <i>m</i> : 小型灌区样点灌区作物种类数量； <i>N<sub>i</sub></i> : 小型灌区样点灌区第 <i>i</i> 种作物典型田块数量。
			作物 2	≥ 3	
		...	≥ 3		
纯井灌区	土质渠道输水地面灌	—	作物 1	≥ 3	$\sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^m N_{ik}$ <i>m</i> : 纯井样点灌区不同灌溉类型下作物种类数量； <i>p</i> : 纯井样点灌区不同灌溉类型数量，取 1~5，分别代表 5 种灌溉类型； <i>N<sub>ik</sub></i> : 第 <i>k</i> 种灌溉类型第 <i>i</i> 种作物典型田块数量。
			...	≥ 3	
	防渗渠道输水地面灌	—	作物 1	≥ 3	
			...	≥ 3	
	管道输水地面灌	—	作物 1	≥ 3	
			...	≥ 3	
	喷灌	—	作物 1	≥ 3	
			...	≥ 3	
	微灌	—	作物 1	≥ 3	
			...	≥ 3	

## 4.2 典型田块亩均净灌溉水量测量方法

典型田块亩均净灌溉水量应采用直接量测法，暂不具备直接测量条件的灌区可采用观测分析法，具体方法参见图 4-2。

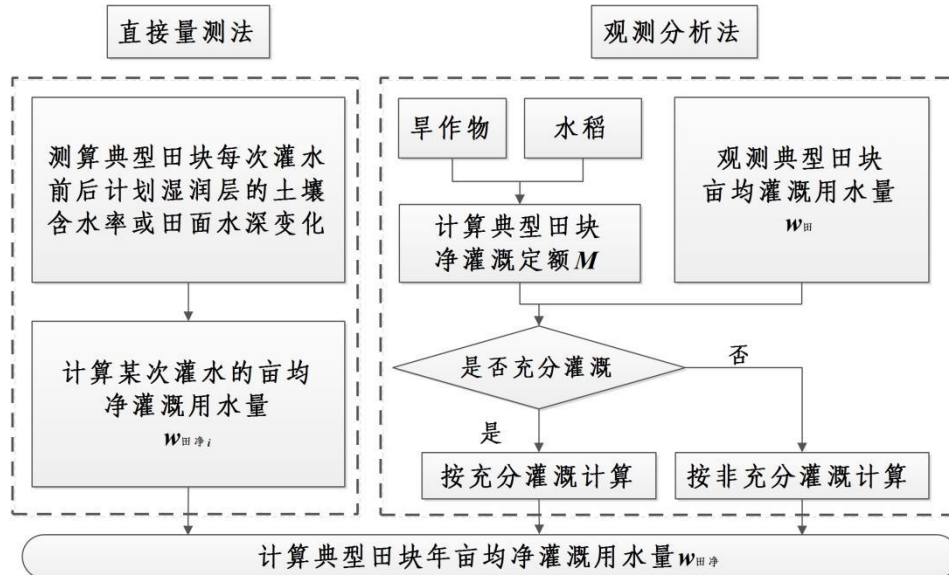


图 4-2 典型田块年亩均净灌溉水量观测与分析方法示意图

### 4.2.1 直接量测法

在每次灌水前后按《灌溉试验规范 SL 13-2015》有关规定，观测典型田块内不同作物年内相应生育期内计划湿润层的土壤质量含水率或体积含水率（或田间水层变化）。通过计算每种作物每次灌溉的亩均净灌溉水量  $w_{田净i}$ ，得出该典型田块不同作物的年亩均净灌溉水量  $w_{田净}$ 。

净灌溉水量应包括作物全生育期净灌溉水量及作物必须的非生育期灌溉水量。其中，水田作物应包含泡田期、秧苗期、大田生长期净灌溉水量，盐碱地区包括净淋洗盐碱水量等。若灌溉期间有降水，净灌溉水量中应扣除有效降水量。当作物生育期跨年度时，应按日历年分割计算生育期。

下面，水田作物以水稻为例进行叙述。其他水田作物可参照水稻测算。

#### 4.2.1.1 旱作物灌水量

根据典型田块灌溉前后计划湿润层土壤含水率的变化确定第  $i$  次亩均净灌溉水量，计算公式如下：

$$w_{田净i} = 0.667 \frac{\gamma}{\gamma_{水}} H (\theta_{g2} - \theta_{g1}) \quad (4-1)$$

式中  $w_{\text{田净}i}$ ——典型田块第  $i$  次亩均净灌溉水量,  $\text{m}^3/\text{亩}$ ;

$H$ ——典型田块土壤计划湿润层深度,  $\text{mm}$ ;

$\gamma$ ——典型田块  $H$  土层内土壤平均干容重,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$\gamma_{\text{水}}$ ——水的容重, 一般可取 1,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$\theta_{g1}$ ——第  $i$  次灌水前典型田块  $H$  土层内土壤平均质量含水率, %;

$\theta_{g2}$ ——第  $i$  次灌水后典型田块  $H$  土层内土壤平均质量含水率, %。

或:

$$w_{\text{田净}i} = 0.667H(\theta_{v2} - \theta_{v1}) \quad (4-2)$$

式中  $\theta_{v1}$ ——第  $i$  次灌水前典型田块  $H$  土层内土壤平均体积含水率, %;

$\theta_{v2}$ ——第  $i$  次灌水后典型田块  $H$  土层内土壤平均体积含水率, %。

其他符号意义同前。

#### 4.2.1.2 水稻灌水量

##### (1) 淹水灌溉

根据典型田块灌溉前后田面水深的变化来确定第  $i$  次亩均净灌溉水量, 计算公式如下:

$$w_{\text{田净}i} = 0.667(h_2 - h_1) \quad (4-3)$$

式中  $h_1$ ——第  $i$  次灌水前典型田块田面水深,  $\text{mm}$ ;

$h_2$ ——第  $i$  次灌水后典型田块田面水深,  $\text{mm}$ 。

其他符号意义同前。

##### (2) 湿润灌溉

根据典型田块灌溉前后田间土壤计划湿润层土壤含水率的变化来确定第  $i$  次亩均净灌溉水量, 计算公式同式 4-1 或 4-2。

在水稻育秧期, 还应将育秧期的亩均净灌溉水量按秧田与本田的面积比例折算到本田, 计入水稻年内生育期亩均净灌溉水量。

#### 4.2.1.3 典型田块年亩均净灌溉水量

在各次亩均净灌溉水量  $w_{\text{田净}i}$  的基础上, 推算该作物年亩均净灌溉水量  $w_{\text{田净}}$ , 即:



$$w_{\text{田净}} = \sum_{i=1}^n w_{\text{田净}i} \quad (4-4)$$

式中  $w_{\text{田净}}$ ——某典型田块某作物年亩均净灌溉水量， $\text{m}^3/\text{亩}$ ；

$n$ ——典型田块年内灌水次数，次；

其他符号意义同前。

#### 4.2.2 观测分析法

在灌溉水有效利用系数测算过程中，判断充分灌溉还是非充分灌溉是准确获得典型田块年亩均净灌溉水量的前提条件。首先，观测实际进入典型田块的年亩均灌溉水量  $w_{\text{田}}$ ；再根据当年气象资料、作物种类等情况，依据水量平衡原理计算典型田块某种作物当年的净灌溉定额  $M$ 。然后，对二者比较进行判断，得出典型田块年亩均净灌溉水量  $w_{\text{田净}}$ 。

##### 4.2.2.1 典型田块年亩均灌溉水量 $w_{\text{田}}$ 的测量

###### (1) 渠道输水

在典型田块进水口设置计量设施，测量每次进入典型田块的水量  $W_{\text{田进}i}$ 。在有排水的典型田块，同时在田块排水口设置计量设施测量排水量  $W_{\text{田排}i}$ ，再根据典型田块灌溉面积  $A_{\text{田}}$ ，推算典型田块某作物年亩均灌溉水量  $w_{\text{田}}$ ，计算公式如下：

$$w_{\text{田}} = \frac{\sum (W_{\text{田进}i} - W_{\text{田排}i})}{A_{\text{田}}} \quad (4-5)$$

式中  $w_{\text{田}}$ ——典型田块年亩均灌溉水量， $\text{m}^3/\text{亩}$ ；

$W_{\text{田进}i}$ ——年内第  $i$  次灌水进入典型田块的水量， $\text{m}^3$ ；

$W_{\text{田排}i}$ ——年内第  $i$  次灌水排出典型田块的水量(不包括因管理不当造成的退水量)， $\text{m}^3$ ；

$A_{\text{田}}$ ——典型田块的灌溉面积，亩。

具体方法参见《灌溉渠道系统量水规范》GB/T21303-2016。

###### (2) 管道输水

在管道出水口处安装计量设备，测量每次进入典型田块的水量  $W_{\text{田进}i}$ 。在有排水的典型田块，同时在田块排水口设置计量设施测量排水量  $W_{\text{田排}i}$ ，再根据典

型田块灌溉面积  $A_{\text{田}}$ ，推算典型田块某作物种类年亩均灌溉水量  $w_{\text{田}}$ ，计算公式同 (4-5)。

### (3) 喷灌

在控制典型田块的喷灌系统管道上安装水量计量设备，测量出水量  $W_{\text{田进}i}$ ，然后推算典型田块第  $i$  次灌水的灌溉水量  $w_{\text{田}}$ ，计算公式为：

$$w_{\text{田}} = \frac{\sum W_{\text{田进}i} \eta_{\text{喷洒}}}{A_{\text{田}}} \quad (4-6)$$

式中  $\eta_{\text{喷洒}}$ ——喷洒水利用系数，应考虑灌溉期间典型田块处的喷头类型、风力、温度等条件，并参考有关试验研究成果或资料确定；

$W_{\text{田进}i}$ ——年内控制典型田块支管第  $i$  次灌水的出水量， $\text{m}^3$ ；

其他符号意义同前。

然后将每次灌溉水量  $w_{\text{田}}$  相加，除以典型田块面积  $A_{\text{田}}$ ，从而得到该作物全生育期的亩均净灌溉水量  $W_i$ 。

### (4) 微灌

对于滴灌、小管出流等灌溉类型，可在控制典型田块的支管安装计量设备，测量典型田块第  $i$  次灌溉水量  $W_{\text{田}i}$ ，再根据典型田块灌溉面积  $A_{\text{田}}$ ，推算典型田块某作物年亩均灌溉水量  $w_{\text{田}}$ ，计算公式同 (4-5)。

微喷可参考喷灌进行计算。

## 4.2.2.2 典型田块净灌溉定额计算

### (1) 旱作物净灌溉定额

计算公式为：

$$M_{\text{旱作}} = 0.667[ET_c - P_e - G_e + H(\theta_{\text{vs}} - \theta_{\text{v}0})] \quad (4-7)$$

式中  $M_{\text{旱作}}$ ——某种作物净灌溉定额， $\text{m}^3/\text{亩}$ ；

$ET_c$ ——某种作物的蒸发蒸腾量， $\text{mm}$ ；

$P_e$ ——某种作物生育期内的有效降水量， $\text{mm}$ ；

$G_e$ ——某种作物生育期内地下水利用量， $\text{mm}$ ；

$\theta_{\text{v}0}$ ——某种作物生育期开始时土壤体积含水率， $\%$ ；

$\theta_{vs}$ ——某种作物生育期结束时土壤体积含水率，%。

如按土壤质量含水率计算，则： $\theta_{vs} - \theta_{v0} = \frac{\gamma}{\gamma_{水}}(\theta_{gs} - \theta_{g0})$ 。

式中  $\theta_{g0}$ ——某种作物生育期开始时土壤质量含水率，%；

$\theta_{gs}$ ——某种作物生育期结束时土壤质量含水率，%。

## (2) 水稻净灌溉定额

水稻净灌溉定额包括秧田定额、泡田定额和生育期定额等 3 部分。

①秧田定额计算公式如下：

$$M_{\text{水稻1}} = 0.667a[ET_{c1} + H_1(\theta_{vb1} - \theta_{v1}) + F_1 - P_1] \quad (4-8)$$

式中  $M_{\text{水稻1}}$ ——水稻育秧期净灌溉定额， $m^3/\text{亩}$ ；

$a$ ——秧田面积与本田面积比值，可根据当地实际经验确定；

$ET_{c1}$ ——水稻育秧期蒸发蒸腾量， $mm$ ；

$H_1$ ——水稻秧田犁底深度， $m$ ；

$\theta_{v1}$ ——播种时  $H_1$  深度内土壤体积含水率，%；

$\theta_{vb1}$ —— $H_1$  深度内土壤饱和体积含水率，%；

$F_1$ ——水稻育秧期田间渗漏量， $mm$ ；

$P_1$ ——水稻育秧期有效降水量， $mm$ 。

②泡田定额计算公式如下：

$$M_{\text{水稻2}} = 0.667[ET_{c2} + H_2(\theta_{vb2} - \theta_{v2}) + h_0 + F_2 - P_2] \quad (4-9)$$

式中  $M_{\text{水稻2}}$ ——水稻泡田期净灌溉定额， $m^3/\text{亩}$ ；

$ET_{c2}$ ——水稻泡田期蒸发蒸腾量， $mm$ ；

$H_2$ ——水稻稻田犁底深度， $m$ ；

$\theta_{v2}$ ——秧苗移栽时  $H_2$  深度内土壤体积含水率，%；

$\theta_{vb2}$ ——秧苗移栽时  $H_2$  深度内土壤饱和体积含水率，%；

$h_0$ ——秧苗移栽时稻田所需水层深度， $mm$ ；

$F_2$ ——水稻泡田期田间渗漏量， $mm$ ；

$P_2$ ——水稻泡田期有效降水量， $mm$ 。

③淹灌水稻生育期净灌溉定额计算公式如下:

$$M_{\text{水稻3}} = 0.667[ET_{c3} + F_3 - P_3 + (h_c - h_s)] \quad (4-10)$$

式中  $M_{\text{水稻3}}$ ——水稻生育期净灌溉定额,  $\text{m}^3/\text{亩}$ ;

$ET_{c3}$ ——水稻生育期蒸发蒸腾量,  $\text{mm}$ ;

$P_3$ ——水稻生育期有效降水量,  $\text{mm}$ ;

$F_3$ ——水稻生育期田间渗漏量,  $\text{mm}$ ;

$h_c$ ——秧苗移栽时田面水深,  $\text{mm}$ ;

$h_s$ ——水稻收割时田面水深,  $\text{mm}$ 。

淹水灌溉水稻净灌溉定额为:

$$M_{\text{水稻}} = M_{\text{水稻1}} + M_{\text{水稻2}} + M_{\text{水稻3}} \quad (4-11)$$

式中  $M_{\text{水稻}}$ ——水稻净灌溉定额,  $\text{m}^3/\text{亩}$ ;

其他符号意义同上。

计算方法详见《灌溉与排水工程设计规范》GB50288-2018。

对于湿润灌溉(无水层)的水稻,可采用旱作物净灌溉定额的计算方法计算其净灌溉定额。淹水和湿润交替灌溉采用的水稻则可分别采用淹水灌溉水稻和旱作物净灌溉定额的计算方法分段计算确定后相加,得出生育期的净灌溉定额  $M_{\text{水稻3}}$ 。

已经推广采用水稻节水灌溉模式的区域,可以直接采用水稻节水灌溉模式设计的亩均净灌溉水量。在有灌溉试验成果的地区,可引用节水灌溉模式试验中所测得的节水灌溉定额作为净灌溉定额。

#### 4.2.2.3 典型田块年亩均净灌溉水量的确定

在获得某种作物典型田块的净灌溉定额  $M$  ( $M_{\text{旱作}}$  或  $M_{\text{水稻}}$ ) 和年亩均灌溉水量  $w_{\text{田}}$  后,将二者进行比较。当  $k \cdot w_{\text{田}} \geq M$  时,为充分灌溉,  $w_{\text{田净}} = M$ ; 当  $k \cdot w_{\text{田}} < M$  时,为非充分灌溉,  $w_{\text{田净}} = k \cdot w_{\text{田}}$ 。其中,  $k$  为折减系数,对于旱作物,  $k$  可取 0.90; 对于水稻,  $k$  可取 0.90~0.95。

### 4.3 样点灌区年总净灌溉水量测算

样点灌区年总净灌溉水量为播种面积占总播种面积 10% 以上作物净灌溉水

量、10%及以下作物净灌溉水量，与冲洗盐碱等特殊情况产生的净灌溉水量之和。

#### 4.3.1 播种面积占总播种面积 10%以上作物年净灌溉水量计算

根据 4.2 中观测与分析得出的某种作物典型田块的年亩均净灌溉水量  $w_{\text{田净}}$ ，计算某灌区同区域或同种灌溉类型第  $i$  种作物的年净灌溉水量，计算公式如下：

$$w_i = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N w_{\text{田净}l} \quad (4-12)$$

式中  $w_i$ ——样点灌区同片区或同灌溉类型第  $i$  种作物的亩均净灌溉水量，  
 $\text{m}^3/\text{亩}$ ；

$N$ ——同片区或同灌溉类型第  $i$  种作物典型田块数量，个；

$w_{\text{田净}l}$ ——同片区或同灌溉类型第  $i$  种作物第  $l$  个典型田块亩均净灌溉水量，  
 $\text{m}^3/\text{亩}$ 。

再根据灌区内不同分区不同作物种类灌溉面积，结合不同作物在不同分区的年亩均净灌溉水量，计算得出样点灌区年总净灌溉水量  $W_{\text{样净}}$ ，计算方法如下：

(1) 大、中、小型灌区样点灌区年总净灌溉水量

计算公式如下：

$$W_{\text{样净}1} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m w_{ij} \cdot A_{ij} \quad (4-13)$$

式中  $W_{\text{样净}1}$ ——样点灌区年总净灌溉水量， $\text{m}^3$ ；

$w_{ij}$ ——样点灌区  $j$  个片区内第  $i$  种作物亩均净灌溉水量， $\text{m}^3/\text{亩}$ ；

$A_{ij}$ ——样点灌区  $j$  个片区内第  $i$  种作物灌溉面积，亩；

$m$ ——样点灌区  $j$  个片区内的作物种类，种；

$n$ ——样点灌区片区数量，个；大型灌区  $n=3$ ，中型灌区  $n=2$ ，  
 小型灌区  $n=1$ 。

(2) 纯井样点灌区年总净灌溉水量

计算公式如下：

$$W_{\text{样净}1} = \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^m w_{ik} \cdot A_{ik} \quad (4-14)$$

式中  $W_{\text{样净}1}$ ——样点灌区年总净灌溉水量,  $\text{m}^3$ ;  
 $w_{ik}$ ——样点灌区第  $k$  种灌溉类型第  $i$  种作物亩均净灌溉水量,  
 $\text{m}^3/\text{亩}$ ;  
 $A_{ik}$ ——样点灌区第  $k$  种灌溉类型第  $i$  种作物灌溉面积, 亩;  
 $m$ ——样点灌区第  $k$  种灌溉类型作物种类数量, 种;  
 $p$ ——样点灌区灌溉类型数量,  $p=1\sim 5$ , 种; 包括土质渠道输水地面灌、防渗渠道输水地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌。

#### 4.3.2 播种面积占总播种面积 10%及以下作物年净灌溉水量计算

对于播种面积占总播种面积 10%及以下的作物, 选取典型田块的按 4.3.1 计算得出净灌溉水量  $W_{\text{样净}2}$ ; 未选取典型田块的, 可通过收集与该作物和灌溉方式相同的当地(或临近地区)灌溉试验站灌溉试验结果, 或者灌区规划、可行性研究报告等资料中不同水平年的净灌溉定额, 结合当地灌溉经验拟定复核当年降水年型的灌溉制度(灌水次数、灌水定额、灌溉定额等)。在此基础上对该作物进行实地调查, 了解当年的实际灌水次数和每次灌水量, 通过与灌溉制度比较, 推测该作物年亩均灌溉水量, 并参考上述方法确定典型田块年亩均净灌溉水量, 然后与其实际灌溉面积的乘积得出净灌溉水量  $W_{\text{样净}2}$ 。

#### 4.3.3 样点灌区冲洗盐碱等特殊情况产生的净灌溉水量计算

所需的田间净冲洗盐碱水量为田间净灌溉水量的一部分。净冲洗盐碱水量等于冲洗净定额与冲洗盐碱灌溉面积的乘积。冲洗净定额可根据灌区试验资料和生产经验, 根据重度、中度、轻度盐碱化程度的不同, 分别采用不同的冲洗净定额。冲洗盐碱产生的净灌溉水量应按公式(4-15)计算:

$$W_{\text{净碱}} = W_{\text{净}} + \sum_{i=1}^n L_i \cdot A_{\text{碱}i} \quad (4-15)$$

式中  $W_{\text{净碱}}$ ——灌区有冲洗盐碱产生的年净灌溉水量 ( $\text{m}^3$ );  
 $L_i$ ——第  $i$  次冲洗净定额 ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ );  
 $A_{\text{碱}i}$ ——第  $i$  次冲洗盐碱面积 ( $\text{hm}^2$ );

#### 4.3.4 样点灌区年总净灌溉水量计算

样点灌区年总净灌溉水量为播种面积占总播种面积 10%以上作物净灌溉水量 $W_{\text{样净1}}$ 、10%及以下作物净灌溉水量 $W_{\text{样净2}}$ ，与冲洗盐碱 $W_{\text{净碱}}$ 等特殊情况产生的净灌溉水量之和。计算公式为：

$$W_{\text{样净}} = W_{\text{样净1}} + W_{\text{样净2}} + W_{\text{净碱}} \quad (4-16)$$

### 4.4 样点灌区年总毛灌溉水量计算与分析

#### 4.4.1 样点灌区年总毛灌溉水量计算

灌区总毛灌溉水量 $W_{\text{毛}}$ 是指灌区全年从水源（一个或多个）取用的用于农田灌溉的总水量，该水量应通过实测确定。样点灌区年总毛灌溉水量的计算公式如下：

$$W_{\text{样毛}} = \sum_{i=1}^n W_{\text{样毛}i} \quad (4-17)$$

式中  $W_{\text{样毛}}$ ——样点灌区年总毛灌溉水量， $\text{m}^3$ ；

$W_{\text{样毛}i}$ ——样点灌区第  $i$  个水源取水量， $\text{m}^3$ 。

$n$ ——样点灌区水源数量，个。

#### 4.4.2 样点灌区年总毛灌溉水量测算中几种情况处理

##### (1) 非农田灌溉用水情况的处理

当灌区渠系除向灌溉供水外，还向工业、城乡生活、生态环境、水产养殖、畜禽养殖供水，以及向园林草地等非耕地灌溉供水时，毛灌溉水量应从渠首引（取）水总量中扣除其分水量及从分水点反推到渠首的相应输水损失量。

##### (2) 有塘（堰）坝或其他水源联合供水情况的处理

灌区内如有蓄积降水径流的塘（堰）坝水量用于灌溉，应计入灌区总毛灌溉水量。如果塘（堰）坝水源由灌区渠系供给，作为调蓄设施，当年又被用于灌溉的水量，不应与灌区总毛灌溉水量重复计算；如果是跨年度使用的水量，应反推到渠首，并从当年灌区取水总量中扣除，计入下一年的总毛灌溉水量。

### (3) 渠系纳蓄雨水用于灌溉情况的处理

对于降水径流纳蓄到渠道的灌区，应进行降水径流分析，将进入渠系并用于灌溉的水量计入到年总毛灌溉水量中。

(4) 井灌区域的毛灌溉水量，可根据机井布局及其灌溉类型选择样点机井进行测量，以各样点机井的毛灌溉水量测定平均值乘以同类型灌溉机井的数量，累加计算出区域的毛灌溉水量。

### (5) 井渠结合灌溉情况的处理

对于采用地表水与地下水互补的“井渠结合”灌区，可分别测定井灌提水量和渠首引水量，两者相加得出灌区总毛灌溉水量。

$$\eta_{\text{样}} = \frac{W_{\text{样净}}}{W_{\text{井毛}} + W_{\text{渠毛}}} \quad (4-18)$$

式中  $W_{\text{渠毛}}$  ——样点灌区渠首年毛灌溉水量， $\text{m}^3$ ；

$W_{\text{井毛}}$  ——样点灌区井灌年毛灌溉水量， $\text{m}^3$ ；

其他符号意义同前。

### (6) 南方平原河网灌区毛灌溉水量计算

当灌区有集中取水的水闸(泵站)时，其毛灌溉水量可为水闸(泵站)引(提)水量扣除工业、城乡生活、生态环境补水等非灌溉水量；当灌区无集中取水的水闸(泵站)，其毛灌溉水量为灌区内各水闸(泵站)引(提)水总量，与灌溉期间灌区内河网水系蒸发和渗漏损失水量之和。其中灌区范围的河网蒸发水量和渗漏损失水量计算，可将平原河网概化为水库，参照水库的相关计算方法计算河网蒸发水量和渗漏损失水量。

(7) 从灌区排入排水沟中又提水灌溉的该部分水量，不计入灌区毛灌溉水量。

## 4.5 样点灌区灌溉水有效利用系数计算

样点灌区灌溉水有效利用系数计算公式如下：

$$\eta_{\text{样}} = \frac{W_{\text{样净}}}{W_{\text{样毛}}} \quad (4-19)$$

式中  $\eta_{\text{样}}$  ——样点灌区灌溉水有效利用系数；



$W_{\text{样净}}$ ——样点灌区净灌溉水量， $\text{m}^3$ ；

$W_{\text{样毛}}$ ——样点灌区毛灌溉水量， $\text{m}^3$ 。

在样点灌区灌溉水量测算分析过程中，有关技术人员应对原始观测数据资料进行甄别和把关，省级技术支撑单位亦应对样点灌区上报数据进行校核与分析，确保基础数据真实可信。

## 5 区域灌溉水有效利用系数计算分析

### 5.1 区域大型灌区灌溉水有效利用系数计算

依据各大型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数与用水量加权平均后得出区域大型灌区灌溉水有效利用系数。计算公式如下：

$$\eta_{\text{省大}} = \frac{\sum_{i=1}^N \eta_{\text{大}i} \cdot W_{\text{样大}i}}{\sum_{i=1}^N W_{\text{样大}i}} \quad (5-1)$$

式中  $\eta_{\text{省大}}$  ——区域大型灌区灌溉水有效利用系数；

$\eta_{\text{大}i}$  ——第  $i$  个大型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数；

$W_{\text{样大}i}$  ——第  $i$  个大型灌区样点灌区年毛灌溉水量，万  $\text{m}^3$ ；

$N$  ——区域大型灌区样点灌区数量，个。

### 5.2 区域中型灌区灌溉水有效利用系数计算

以中型灌区 3 个档次样点灌区灌溉水有效利用系数为基础，采用**算术平均法**分别计算 1~5 万亩、5~15 万亩、15~30 万亩灌区的灌溉水有效利用系数。计算公式如下：

$$\begin{aligned} \eta_{1-5} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{1-5,i} \\ \eta_{5-15} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{5-15,i} \\ \eta_{15-30} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{15-30,i} \end{aligned} \quad (5-2)$$

将得出的 1~5 万亩、5~15 万亩、15~30 万亩灌区年毛灌溉水量加权平均得出区域中型灌区的灌溉水有效利用系数。计算公式如下：

$$\eta_{\text{省中}} = \frac{\eta_{1-5} \cdot W_{\text{省毛}1-5} + \eta_{5-15} \cdot W_{\text{省毛}5-15} + \eta_{15-30} \cdot W_{\text{省毛}15-30}}{W_{\text{省毛}1-5} + W_{\text{省毛}5-15} + W_{\text{省毛}15-30}} \quad (5-3)$$

式中  $\eta_{\text{省中}}$  ——区域中型灌区灌溉水有效利用系数；

$\eta_{1-5}$ 、 $\eta_{5-15}$ 、 $\eta_{15-30}$  ——分别为 1~5 万亩、5~15 万亩、15~30 万亩不同规模样点灌区灌溉水有效利用系数；

$W_{\text{省毛}1-5}$ 、 $W_{\text{省毛}5-15}$ 、 $W_{\text{省毛}15-30}$  ——分别为区域内 1~5 万亩、5~15 万亩、15~30 万亩不同规模灌区年毛灌溉水量，万  $\text{m}^3$ 。

### 5.3 区域小型灌区灌溉水有效利用系数计算

以测算分析得出的各个小型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数为基础，采用算术平均法计算区域小型灌区灌溉水有效利用系数。计算公式如下：

$$\eta_{\text{省小}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{\text{小}i} \quad (5-4)$$

式中  $\eta_{\text{省小}}$  ——区域小型灌区灌溉水有效利用系数；

$\eta_{\text{小}i}$  ——区域第  $i$  个小型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数；

$n$  ——区域小型灌区样点灌区数量。

### 5.4 区域纯井灌区灌溉水有效利用系数计算

以测算分析得出的各类型纯井灌区样点灌区灌溉水有效利用系数为基础，采用算术平均法分别计算土质渠道输水地面灌、防渗渠道输水地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种类型灌区样点灌区的灌溉水有效利用系数。计算公式如下：

$$\begin{aligned} \eta_{\text{土}} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{\text{土}i} \\ \eta_{\text{防}} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{\text{防}i} \\ \eta_{\text{管}} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{\text{管}i} \\ \eta_{\text{喷}} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{\text{喷}i} \\ \eta_{\text{微}} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_{\text{微}i} \end{aligned} \quad (5-5)$$

按不同类型灌区年毛灌溉水量加权平均，计算得出区域纯井灌区的灌溉水有效利用系数。计算公式如下：

$$\eta_{\text{省井}} = \frac{\eta_{\text{土}} W_{\text{省土}} + \eta_{\text{防}} W_{\text{省防}} + \eta_{\text{管}} W_{\text{省管}} + \eta_{\text{喷}} W_{\text{省喷}} + \eta_{\text{微}} W_{\text{省微}}}{W_{\text{省土}} + W_{\text{省防}} + W_{\text{省管}} + W_{\text{省喷}} + W_{\text{省微}}} \quad (5-6)$$

式中  $\eta_{\text{土}}$ 、 $\eta_{\text{防}}$ 、 $\eta_{\text{管}}$ 、 $\eta_{\text{喷}}$ 、 $\eta_{\text{微}}$  ——分别为土质渠道输水地面灌、防渗渠道输

水地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种类型样点灌区的灌溉水有效利用系数；

$W_{\text{省土}}$ 、 $W_{\text{省防}}$ 、 $W_{\text{省管}}$ 、 $W_{\text{省喷}}$ 、 $W_{\text{省微}}$ ——分别为区域土质渠道输水地面灌、防渗渠道输水地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种类型纯井灌区的年毛灌溉水量，万  $\text{m}^3$ 。

### 5.5 区域灌溉水有效利用系数计算

区域灌溉水有效利用系数  $\eta_{\text{省}}$  是指区域年净灌溉水量  $W_{\text{省净}}$  与年毛灌溉水量  $W_{\text{省毛}}$  的比值。在已知各规模与类型灌区灌溉水有效利用系数和年毛灌溉水量的情况下，区域灌溉水有效利用系数按下式计算：

$$\eta_{\text{省}} = \frac{\eta_{\text{省大}} \cdot W_{\text{省大}} + \eta_{\text{省中}} \cdot W_{\text{省中}} + \eta_{\text{省小}} \cdot W_{\text{省小}} + \eta_{\text{省井}} \cdot W_{\text{省井}}}{W_{\text{省大}} + W_{\text{省中}} + W_{\text{省小}} + W_{\text{省井}}} \quad (5-7)$$

式中

$W_{\text{省大}}$ 、 $W_{\text{省中}}$ 、 $W_{\text{省小}}$ 、 $W_{\text{省井}}$ ——分别为区域大、中、小型灌区和纯井灌区的年毛灌溉水量，万  $\text{m}^3$ ；

$\eta_{\text{省大}}$ 、 $\eta_{\text{省中}}$ 、 $\eta_{\text{省小}}$ 、 $\eta_{\text{省井}}$ ——分别为区域大、中、小型灌区和纯井灌区的灌溉水有效利用系数。

在测算分析区域灌溉水有效利用系数过程中，区域技术支撑单位应对样点灌区系数测算结果的合理性进行分析，并对区域灌溉水有效利用系数测算分析结果进行审核、严格把关，确保成果的可靠性。

## 6 全国灌溉水有效利用系数计算

### 6.1 全国大型灌区灌溉水有效利用系数平均值计算

将各省大型灌区年毛灌溉水量与灌溉水有效利用系数加权平均, 得出全国大型灌区灌溉水有效利用系数平均值。计算公式如下:

$$\eta_{\text{大}} = \frac{\sum_{i=1}^{32} (\eta_{\text{省大}i} \cdot W_{\text{省大}i})}{\sum_{i=1}^{32} W_{\text{省大}i}} \quad (6-1)$$

式中  $\eta_{\text{大}}$ ——全国大型灌区灌溉水有效利用系数平均值;

$\eta_{\text{省大}i}$ ——第  $i$  个省级区域大型灌区灌溉水有效利用系数;

$W_{\text{省大}i}$ ——第  $i$  个省级区域大型灌区年毛灌溉水量, 万  $\text{m}^3$ 。

### 6.2 全国中型灌区灌溉水有效利用系数平均值计算

将各省中型灌区年毛灌溉水量与灌溉水有效利用系数加权平均, 得出全国中型灌区灌溉水有效利用系数平均值。计算公式如下:

$$\eta_{\text{中}} = \frac{\sum_{i=1}^{32} (\eta_{\text{省中}i} \cdot W_{\text{省中}i})}{\sum_{i=1}^{32} W_{\text{省中}i}} \quad (6-2)$$

式中  $\eta_{\text{中}}$ ——全国中型灌区灌溉水有效利用系数平均值;

$\eta_{\text{省中}i}$ ——第  $i$  个省级区域中型灌区灌溉水有效利用系数;

$W_{\text{省中}i}$ ——第  $i$  个省级区域中型灌区年毛灌溉水量, 万  $\text{m}^3$ 。

### 6.3 全国小型灌区灌溉水有效利用系数平均值计算

将各省小型灌区年毛灌溉水量与灌溉水有效利用系数加权平均, 得出全国小型灌区灌溉水有效利用系数平均值。计算公式如下:

$$\eta_{\text{小}} = \frac{\sum_{i=1}^{32} (\eta_{\text{省小}i} \cdot W_{\text{省小}i})}{\sum_{i=1}^{32} W_{\text{省小}i}} \quad (6-3)$$

式中  $\eta_{小}$  ——全国小型灌区灌溉水有效利用系数平均值;

$\eta_{省小i}$  ——第  $i$  个省级区域小型灌区灌溉水有效利用系数;

$W_{省小i}$  ——第  $i$  个省级区域小型灌区年毛灌溉水量, 万  $m^3$ 。

#### 6.4 全国纯井灌区灌溉水有效利用系数平均值计算

将各省纯井灌区年毛灌溉水量与灌溉水有效利用系数加权平均, 得出全国纯井灌区灌溉水有效利用系数平均值。计算公式如下:

$$\eta_{井} = \frac{\sum_{i=1}^{32} (\eta_{省井i} \cdot W_{省井i})}{\sum_{i=1}^{32} W_{省井i}} \quad (6-4)$$

式中  $\eta_{井}$  ——全国纯井灌区灌溉水有效利用系数平均值;

$\eta_{省井i}$  ——第  $i$  个省级区域纯井灌区灌溉水有效利用系数;

$W_{省井i}$  ——第  $i$  个省级区域纯井灌区年毛灌溉水量, 万  $m^3$ 。

#### 6.5 全国灌溉水有效利用系数平均值计算

将各省级区域年毛灌溉水量与灌溉水有效利用系数加权平均, 得出全国灌溉水有效利用系数平均值。计算公式如下:

$$\eta_{全国} = \frac{\sum_{i=1}^{32} (\eta_{省i} \cdot W_{省i})}{\sum_{i=1}^{32} W_{省i}} \quad (6-5)$$

式中  $\eta_{全国}$  ——全国灌溉水有效利用系数;

$\eta_{省i}$  ——第  $i$  个省级区域的灌溉水有效利用系数;

$W_{省i}$  ——第  $i$  个省级区域的年毛灌溉水量, 万  $m^3$ 。

## 附录

### 一、样点灌区基本资料调查表

附表 1: \_\_\_\_年\_\_\_\_灌区(样点)基本信息调查表

附表 2: \_\_\_\_年\_\_\_\_灌区(样点)渠首和渠系调查表

附表 3: \_\_\_\_年\_\_\_\_纯井灌区(样点)基本信息调查表

附表 4: \_\_\_\_年\_\_\_\_灌区(样点)气象信息调查表

附表 5: \_\_\_\_年\_\_\_\_灌区(样点)作物与田间灌溉情况调查表

附表 6: \_\_\_\_年\_\_\_\_省(区、市)灌区统计信息汇总表

### 二、测算分析成果汇总表

附表 7: \_\_\_\_年\_\_\_\_灌区(样点)年总净灌溉水量分析汇总表

附表 8: \_\_\_\_年\_\_\_\_省(区、市)不同规模灌区信息汇总表

附表 9: \_\_\_\_年\_\_\_\_省(区、市)样点灌区灌溉水有效利用系数分析结果汇总表

附表 10: \_\_\_\_年\_\_\_\_省(区、市)灌溉水有效利用系数分析结果汇总表

其中,附表 1、附表 2、附表 3、附表 5、附表 6、附表 7 和附表 9 为上报表,其他表格供各省(区、市)测算分析时参考使用。





# 一、样点灌区基本资料调查表

附表 1: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 灌区 (样点) 基本信息调查表

灌区名称:				
灌区所在行政区: 省(区、市) 市(地) 县(市、区) 乡(镇) 村			灌区位置: 经度 纬度	
灌区规模: <input type="checkbox"/> 大 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 小		灌区水源取水方式: <input type="checkbox"/> 提水 <input type="checkbox"/> 自流引水		
灌区地形: <input type="checkbox"/> 山区 <input type="checkbox"/> 丘陵 <input type="checkbox"/> 平原		灌区土壤类型: 粘质土 % 壤土 % 砂质土 %		
设计灌溉面积 (万亩)		耕地灌溉面积 (万亩)		
当年实际灌溉面积 (万亩)		井渠结合面积 (万亩)		
多年平均降水量 (mm)		当年降水量 (mm)		
地下水埋深范围 (m)				
机井数量 (眼)		配套动力 (kW)		
泵站数量 (座)		泵站装机容量 (kW)		
泵站提水能力 (m <sup>3</sup> /s)				
塘坝数量 (座)		塘坝总蓄水能力 (万 m <sup>3</sup> )		
水窖、池数量 (座)		水窖、池总蓄水能力 (万 m <sup>3</sup> )		
当年完成节水灌溉工程投资 (万元)		灌区综合净灌溉定额 (m <sup>3</sup> /亩)		
样点灌区粮食亩均产量 (kg/亩)		灌区人均占有耕地面积 (亩/人)		
节水灌溉工程面积 (万亩)				
合计	防渗渠道地面灌溉	管道输水地面灌溉	喷灌	微灌

填表日期:

填表人:

联系电话:

### 填表说明:

1、经纬度填写大致范围，如东经  $A^{\circ}B' \sim C^{\circ}D'$ ，北纬  $E^{\circ}F' \sim G^{\circ}H'$ 。大、中、小型灌区填写灌区地理中心处的经纬度，或主要干渠约 1/2 处明显地标物（地标物可为灌区内某个管理所、某个渠系建筑物所在地位置）；纯井灌区填写机井所在位置经纬度。

2、地下水埋深范围填写灌溉期内灌区平均最高、最低地下静水位埋深。

3、完成续建配套与现代化改造工程投资包括当年灌区骨干工程改造、田间工程建设等已完成工程投资。

4、当年实灌面积是与耕地灌溉面积对应的实灌面积，不考虑复种指数。其中，实灌面积是指利用灌溉工程和设施，在耕地灌溉面积中当年实际已进行正常灌溉（灌水一次及其以上）的耕地面积，不按灌溉亩次计算。

附表 2: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_灌区(样点)渠首和渠系信息调查表

渠首设计取水能力 (m <sup>3</sup> /s):							
渠系信息	渠道长度与防渗情况						
	渠道级别	条数	总长度 (km)	渠道衬砌防渗长度 (km)			衬砌防渗率 (%)
				混凝土	浆砌石	其他	
	干渠						
	支渠						
	斗渠						
	农渠						
其中骨干渠系 (≥1 m <sup>3</sup> /s)							
毛灌溉用水情况	渠首引水量 (万 m <sup>3</sup> /年)		地下水取水量 (万 m <sup>3</sup> /年)				
	塘堰坝供水 (万 m <sup>3</sup> /年)		其他水源引水量 (万 m <sup>3</sup> /年)				
	塘堰坝取水: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无	塘堰坝供水计算方式: <input type="checkbox"/> 径流系数法 <input type="checkbox"/> 复蓄次数法					
	径流系数法参数	年径流系数	蓄水系数	集水面积 (km <sup>2</sup> )			
	重复蓄满次数	重复蓄满次数		有效容积 (万 m <sup>3</sup> )			
是否为河网灌区: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否集中取水	水闸(泵)引(提)水量 (万 m <sup>3</sup> )	河网水系蒸发和渗漏损失水量 (万 m <sup>3</sup> )				
	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否						
其他	末级计量渠道 ( 渠) 灌溉供水总量 (万 m <sup>3</sup> )						
	洗碱状况	灌区洗碱: <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无					
		盐碱化程度	洗碱面积 (万亩)	洗碱净定额 (m <sup>3</sup> /亩)			
		轻度					
		中度					
		重度					
冲洗盐碱产生的年净灌溉水量							

填表日期:

填表人:

联系电话:

### 填表说明:

1、由于灌区情况差别较大，渠系级别多样，各地根据典型灌区样点灌区情况可以对表中栏目进行补充，如干渠级可以分为总干、分干等，根据灌区实际情况分别填写。

2、如果灌区综合净灌溉定额有观测或统计结果则填写，如无可不填写此项。

3、衬砌防渗率是指某一级渠道设计超高水位下的已衬砌防渗渠段断面面积与该渠道全长断面总面积之比，该值根据灌区渠系资料计算分析后直接填入。

4、毛灌溉水量根据各自的实际情况分项进行填写。其中渠首取水量和塘堰坝取水量等均应为扣除弃水、退水和工业与城市、农村生活等非农田灌溉用水后的水量数值；其他水源取水量包括当地降水产生的地表径流进入渠道的用于农田灌溉的水量等（参见《技术指导细则》4.4）。

5、如样点灌区的塘堰坝灌溉供水量有统计资料，则直接填写统计值，有关参数均不用填写；如无统计资料，可在径流系数法参数和复蓄次数法参数中选择其一填写相关信息。

6、末级计量渠道灌溉供水总量是指具有量水设施的末级固定渠道计量得到的实际灌溉水量，末级固定渠道量水点可以是斗口、农口或其他级别渠道量水点等，在括号中应注明量水口级别。

7、洗碱净定额可根据灌区试验资料和生产经验科学合理确定。根据重度、中度、轻度盐碱化程度的不同，分别采用不同的冲洗净定额。

附表3：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_纯井灌区（样点）基本信息调查表

灌区所在行政区： 省（区、市） 市（地） 县（市、区） 乡（镇） 村		灌区位置： 经度 纬度	
井灌类型： <input type="checkbox"/> 土质渠道输水地面灌溉 <input type="checkbox"/> 防渗渠道输水地面灌溉 <input type="checkbox"/> 管道输水地面灌溉 <input type="checkbox"/> 喷灌 <input type="checkbox"/> 微灌			
灌区地形： <input type="checkbox"/> 山区 <input type="checkbox"/> 丘陵 <input type="checkbox"/> 平原		灌区主要土壤类型： <input type="checkbox"/> 粘质土 % <input type="checkbox"/> 壤土 % <input type="checkbox"/> 砂质土 %	
井管口径（m）		井深（m）	
配套动力（kW）		地下水埋深范围（m）	
当年实灌面积（万亩）		总毛灌溉水量（万 m <sup>3</sup> ）	
多年平均降水量（mm）		当年降水量（mm）	
综合净灌溉定额（m <sup>3</sup> /亩）		当年完成节水灌溉工程投资（万元）：	

填表日期：

填表人：

联系电话：

**填表说明：**

- 1、地下水埋深范围填写灌溉期间灌区平均最高、最低地下静水位埋深。
- 2、完成节水灌溉工程投资包括当年灌区机井、输配水工程改造及田间工程建设等已完成的工程投资。
- 3、当年实灌面积是与耕地灌溉面积对应的实灌面积，不考虑复种指数。
- 4、如果灌区综合净灌溉定额有观测或统计结果则填写，如无可不填写此项。

附表 4 : \_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_灌区 (样点) 气象信息调查表

气象站点名称				多年平均降水量 (mm)			
气象站地理信息		经度		纬度		高程 (m)	
日气象数据							
月	日	日最高温度 (℃)	日最低温度 (℃)	日平均相对湿度 (%)	日照时数 (h)	2m 处风速 (m/s)	降水量 (mm)
1	1						
	2						
	...						
	31						
...	...	...	...	...	...	...	...
12	1						
	2						
	...						
	31						

填表日期:

填表人:

联系电话:

**填表说明:**

- 1、经度和纬度至少精确到分，如 X°Y'。
- 2、气象站点原则上应该在灌区内部选择，观测值在整个灌区或灌区部分区域范围内具有代表性；如果灌区内部无气象站，可使用与该样点灌区邻近的气象站点数据。
- 3、气象站的数量要根据需要而定。如果样点灌区面积较大，同时灌区内气象条件差异较大，则需要根据实际情况尽量多地选取气象站数量，使气象资料能具有代表性。
- 4、附表 4 中，2m 处风速可由当地气象站的实际测量高度的风速由公式  $V_2=C_f \cdot V_n$  ( $V_2$  表示 2m 处的风速，m/s； $C_f$  表示转换因子； $V_n$  表示气象站实际测量高度的风速，m/s。) 进行转换，转换因子见附表 4-1。

附表 4-1 实测风速  $V_n$  与风速  $V_2$  间的转换因子

实测高度 (m)	转换因子	实测高度 (m)	转换因子	实测高度 (m)	转换因子	实测高度 (m)	转换因子
1.0	1.178	2.8	0.933	4.6	0.851	7.0	0.792
1.2	1.125	3.0	0.921	4.8	0.844	7.5	0.783
1.4	1.084	3.2	0.910	5.0	0.838	8.0	0.775
1.6	1.051	3.4	0.899	5.2	0.833	8.5	0.767
1.8	1.023	3.6	0.889	5.4	0.827	9.0	0.760
2.0	1.000	3.8	0.881	5.6	0.822	9.5	0.754
2.2	0.980	4.0	0.872	5.8	0.817	10.0	0.748
2.4	0.963	4.2	0.865	6.0	0.812	10.5	0.742
2.6	0.947	4.4	0.857	6.5	0.802		

注：表中数据引自《联合国粮农组织（FAO）灌溉排水论文集 NO.56：作物蒸腾蒸发（作物需水量计算指南）》。

附表 5: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_灌区(样点)作物与田间灌溉情况调查表

基础信息	作物种类: <input type="checkbox"/> 一般作物 <input type="checkbox"/> 水稻 <input type="checkbox"/> 套种 <input type="checkbox"/> 跨年作物													
	灌溉模式: <input type="checkbox"/> 旱作充分灌溉 <input type="checkbox"/> 旱作非充分灌溉 <input type="checkbox"/> 水稻淹灌 <input type="checkbox"/> 水稻节水灌溉													
	土壤类型						试验站净灌溉定额 ( $m^3/亩$ )							
	观测田间毛灌溉定额 ( $m^3/亩$ )						水稻育秧净水量 ( $万 m^3$ )							
	水稻泡田定额 ( $m^3/亩$ )						水稻生育期内渗漏量 ( $m^3/亩$ )							
分月法	作物系数: <input type="checkbox"/> 分月法 <input type="checkbox"/> 分段法													
	作物 1	作物名称						平均亩产 ( $kg/亩$ )						
		播种面积 (万亩)						实灌面积 (万亩)						
		播种日期		年 月 日				收获日期		年 月 日				
		分月作物系数												
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
	作物 2	作物名称						平均亩产 ( $kg/亩$ )						
		播种面积 (万亩)						实灌面积 (万亩)						
		播种日期		年 月 日				收获日期		年 月 日				
		分月作物系数												
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
分段法	作物名称						平均亩产 ( $kg/亩$ )							
	播种面积 (万亩)						实灌面积 (万亩)							
	$K_{Cini}$				$K_{Cmid}$				$K_{Cend}$					
	播种/返青			快速发育开始			生育中期开始			成熟期开始		成熟期结束		
	月 日		月 日		月 日		月 日		月 日		月 日			
地下水利用	种植期内地下水利用量 ( $mm$ )													
	种植期内平均地下水埋深 ( $m$ )						极限埋深 ( $m$ )							
	经验指数 $P$						作物修正系数 $k$							
有效降水利用	种植期内有效降水利用量 ( $mm$ )													
	降水量 $p$ ( $mm$ )						有效利用系数							
	$p < 5$													
	$5 \leq p < 30$													
	$30 \leq p < 50$													
	$50 \leq p < 100$													
	$100 \leq p < 150$													
$p > 150$														

填表日期:

填表人:

联系电话:



## 填表说明:

1、该调查表内所列作物应在其种植范围内土壤类型、地下水埋深、降水/气象条件、灌溉制度与方法和灌溉方式等方面具有一致性。如果差别较大,则应对灌区分区调查,按分区分别填写。

2、跨年作物为前一年种,当年收的作物,如冬小麦。

3、灌溉模式一栏,旱作填写“充分灌溉”或“非充分灌溉”;水稻填写“淹灌”或“节水灌溉”。

4、试验站净灌溉定额是指当年灌区灌溉试验确定的值;观测田间毛灌溉定额是指典型田块实际测量值。

5、如果作物为水稻,则应填写泡田定额、生育期内渗漏量和水稻育秧净灌溉水量。如果是淹灌水稻,则应填写水稻生育期内稻田排水量。

6、作物系数的填写有两种方式,一是分月经验值法,一般由灌溉试验站有关资料确定;二是分段法,具体参见(FAO-56, 1998)中有关内容。作物系数推荐使用分月经验值法,如缺乏资料,可使用分段法。对于一般作物和水稻,两种方法可任选其一填写;对于套种作物和跨年作物,需要选择分月经验值方法填写。

7、如果为套种作物和跨年作物,需要填写两种或两期的作物系数,其他则只需要填写一种。

8、对于跨年作物如2012年冬小麦进行调查,过程如下:假设第一期冬小麦为2011年10月20日种植,2012年6月10日收获;第二期2012年10月24日种植,2013年6月20日收获。则需要分别取2012年1月1日~2012年6月10日,以及2012年10月24日~2012年12月31日两阶段的作物系数。

9、如果灌区已有种植期内地下水利用量和有效降水利用量统计结果,则可直接填写;如无则需要填写相关参数和系数信息。

10、极限埋深为地下水无潜水蒸发时的地下水埋深; $P$ 为经验指数(无因次),一般通过分析和试验资料确定; $k$ 为修正系数(无因次),与作物和灌溉、降水情况相关,可参有关资料确定。

附表 6: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 省 (区、市) 灌区统计信息调查表

全省 (区、市) 多年平均降水量 (mm):

调查年份全省 (区、市) 平均降水量 (mm):

灌区规模与类型		数量	设计灌溉面积 (万亩)	耕地灌溉面积 (万亩)	实灌面积 (万亩)	累计达到节水灌溉工程面积 (万亩)				续建配套与现代化改造工程 总投资 (万元)	年毛灌溉水量 (万 m <sup>3</sup> )	灌溉水有效利用系数 平均值
						防渗渠道输水	管道输水	喷灌	微灌			
总 计												
大型灌区												
中型灌区	合 计											
	1~5 万亩											
	5~15 万亩											
	15~30 万亩											
小型灌区												
纯井灌区	合 计					/	/	/	/	/		
	土质渠道输水地面灌					/	/	/	/	/		
	防渗渠道输水地面灌					/	/	/	/	/		
	管道输水地面灌					/	/	/	/	/		
	喷灌					/	/	/	/	/		
	微灌											

该表由省技术人员查全省统计信息后输入系统。

## 二、测算分析成果汇总表

附表 7: \_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_灌区(样点)年总净灌溉水量分析汇总表

样点灌区片区(类型)	作物名称	典型田块编	灌溉方式	直接量测法	观测分析法			年亩均净灌溉水量选用值(m <sup>3</sup> /亩)	典型田块实灌面积(亩)	某片区(灌溉类型)某种作物			某片区(灌溉类型)年净灌溉水量(m <sup>3</sup> )	样点灌区年总净灌溉水量(m <sup>3</sup> )
				年亩均净灌溉水量(m <sup>3</sup> /亩)	年亩均灌溉水量(m <sup>3</sup> /亩)	净灌溉定额(m <sup>3</sup> /亩)	年亩均净灌溉水量采用值(m <sup>3</sup> /亩)			年亩均净灌溉水量	实灌面积(亩)	年净灌溉水量(m <sup>3</sup> )		
片区(类型)	作物 1	1												
		2												
		...												
	...	1												
		2												
		...												
片区(类型)	作物 1	1												
		2												
		...												
	...	1												
		2												
		...												
.....	作物 1	1												
		2												
		...												
	...	1												
		2												
		...												
淋洗盐碱水量(m <sup>3</sup> /亩)														

附表 8：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_省（区、市）不同规模灌区信息汇总表

灌区规模		全部灌区			样点灌区		
		数量	有效灌溉面积 (万亩)	毛灌溉水量 (万 m <sup>3</sup> )	数量	有效灌溉面积 (万亩)	毛灌溉水量 (万 m <sup>3</sup> )
总 计							
大型灌区							
中 型 灌 区	合计						
	1~5 万亩						
	5~15 万亩						
	15~30 万亩						
小型灌区							
纯 井 灌 区	合计						
	土质渠道输水地面灌						
	防渗渠道输水地面灌						
	管道输水地面灌						
	喷灌						
	微灌						

说明：该表由计算软件汇总后直接输出，无需人工填写。

附表 9： \_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_省（区、市）样点灌区灌溉水有效利用系数分析结果汇总表

灌区规模与类型	编号	灌区名称	有效灌溉面积 (万亩)	实灌面积 (万亩)	年毛灌溉水量 (万 m <sup>3</sup> )	节水灌溉工程面积 (万亩)					续建配套与现代化改造工程 总投资 (万元)	灌溉水有效利用 系数	灌溉水有效利用 系数	
						防 渗 渠 道	管 道 输 水	喷 灌	微 灌	合 计				
大型灌区	合计													
	提水	1												
		...												
	自流引水	1												
...														
中型灌区	1~5 万亩	小计	1											
		提水	...											
			1											
	自流引水	...												
		1												
		...												
	5~15 万亩	小计	1											
		提水	...											
			1											
	自流引水	...												
		1												
		...												
15~30 万亩	小计	1												
	提水	...												
		1												
自流引水	...													
	1													

中型灌区	合计	小计	1																
		提水	...																
			1																
		自流引水	...																
小型灌区	合计																		
	提水	1																	
		...																	
	自流引水	1																	
...																			
纯井灌区	合计																		
	土质渠道输水地面灌	1																	
		...																	
	防渗渠道输水地面灌	1																	
		...																	
	管道输水地面灌	1																	
		...																	
	喷灌	1																	
		...																	
	微灌	1																	
		...																	

说明：该表由计算软件汇总后直接输出，无需人工填写。

附表 10： \_\_\_\_年\_\_\_\_省（区、市）灌溉水有效利用系数分析结果汇总表

全省（区、市）多年平均降水量（mm）:

调查年份全省（区、市）平均降水量（mm）:

灌区规模与类型		数量	有效灌溉面积 (万亩)	实灌面积 (万亩)	灌溉水量 (万 m <sup>3</sup> )	灌溉水有效利用系数
总 计						
大型灌区						
中 型 灌 区	合 计					
	1~5 万亩					
	5~15 万亩					
	15~30 万亩					
小型灌区						
纯 井 灌 区	合 计					
	土质渠道输水地面灌					
	防渗渠道输水地面灌					
	管道输水地面灌					
	喷灌					
	微灌					

说明：该表由计算软件汇总后直接输出，无需人工填写。