

中华人民共和国水利行业标准

SL/Z 699—2015

灌溉水利用率测定技术导则

**Technical guide for measurement and calculation
of irrigation efficiency**

2015-03-05 发布

2015-06-05 实施



中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告
(灌溉水利用率测定技术导则)

2015 年第 20 号

中华人民共和国水利部批准《灌溉水利用率测定技术导则》
(SL/Z 699—2015)为水利行业指导性技术文件，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	灌溉水利用率 测定技术导则	SL/Z 699—2015		2015. 3. 5	2015. 6. 5

水利部

2015 年 3 月 6 日

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 SL 1—2002《水利技术标准编写规定》的要求，编制本标准。

本标准共 9 章和 3 个附录，主要技术内容有：

- 灌区灌溉水有效利用系数测算方法；
- 毛灌溉水量测定；
- 净灌溉水量测定；
- 渠系水有效利用系数测定；
- 田间水有效利用系数测定；
- 水量计量；
- 区域灌溉水有效利用系数测算。

本标准全文推荐。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部农村水利司

本标准解释单位：水利部农村水利司

本标准主编单位：中国灌溉排水发展中心

本标准参编单位：中国农业科学院农田灌溉研究所

武汉大学

浙江省水利河口研究院

河北省石津灌区管理局

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：韩振中 高峰 冯保清 崔远来

郑世宗 郭宗信 郭群善

本标准审查会议技术负责人：赵竞成

本标准体例格式审查人：胡 孟

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条2号；邮政编码：100053；电话：010-63204565；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

目 次

1	总则	1
2	术语和定义	2
3	灌区灌溉水有效利用系数测算方法	3
4	毛灌溉水量测定	4
5	净灌溉水量测定	6
5.1	一般规定	6
5.2	典型田块选取	6
5.3	典型田块单位面积净灌溉水量	6
5.4	灌区净灌溉水量	8
6	渠系水有效利用系数测定	11
7	田间水有效利用系数测定	13
8	水量计量	14
8.1	一般规定	14
8.2	量水方法	14
9	区域灌溉水有效利用系数测算	16
9.1	一般规定	16
9.2	样点灌区选择	16
9.3	区域不同类型灌区平均灌溉水有效利用系数	17
附录 A	土壤含水率测定方法	20
附录 B	旱作物田间水有效利用系数实测法	22
附录 C	水稻田间水有效利用系数实测法	23
标准用词说明		26

1 总 则

1.0.1 为适应节水灌溉发展需要，科学评价农田灌溉效率与节水潜力，规范灌区和区域灌溉水利用率的测定方法，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于灌区和区域灌溉水利用率的测定。

1.0.3 本标准主要引用下列标准：

GB/T 21303—2007 灌溉渠道系统量水规范

GB/T 28714—2012 取水计量技术导则

GB 50288 灌溉与排水工程设计规范

GB/T 50363—2006 节水灌溉工程技术规范

GB 50599—2010 灌区改造技术规范

GB/T 50600—2010 渠道防渗工程技术规范

SL 13—2004 灌溉试验规范

SL 21—2006 降水量观测规范

SL 56 农村水利技术术语

SL 183—2005 地下水监测规范

SL 364—2006 土壤墒情监测规范

1.0.4 灌溉水利用率的测定除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 毛灌溉水量 gross irrigation water use

灌区从水源取用的用于灌溉的水量。

2.0.2 净灌溉水量 net irrigation water use

灌入田间可被作物利用的水量。

2.0.3 灌溉水利用率 irrigation efficiency; water efficiency of irrigation

净灌溉水量与毛灌溉水量的百分比，其比值称为灌溉水有效利用系数。

2.0.4 渠道水利用率 water efficiency of canal

某时段内流出渠道水量与流入渠道水量的百分比，其比值称为渠道水有效利用系数。

2.0.5 渠系水利用率 water efficiency of canal system

末级固定渠道流出水量之和与渠首引入总水量的百分比，其比值称为渠系水有效利用系数。

2.0.6 田间水利用率 on-farm water efficiency

灌入田间可被作物利用的水量与末级固定渠道放出水量的百分比，其比值称为田间水有效利用系数。

2.0.7 首尾测算法 calculation method for canal head and tail water

通过对灌区某时段或某次灌水的净灌溉水量、毛灌溉水量进行量测与统计，计算两者比值得到灌区该时段或该次灌水的灌溉水有效利用系数的方法。

3 灌区灌溉水有效利用系数测算方法

3.0.1 测算灌区灌溉水有效利用系数可采用首尾测算法。当需要对渠系水有效利用系数和田间水有效利用系数分别进行测定时,也可采用系数连乘法得到灌区灌溉水有效利用系数。

3.0.2 采用首尾测算法测定灌区灌溉水有效利用系数时,可用式(3.0.2)进行计算:

$$\eta_i = \frac{W_{\text{净}i}}{W_i} \quad (3.0.2)$$

式中 η_i ——灌区第 i 次或第 i 个时段灌水的灌溉水有效利用系数;

W_i ——灌区第 i 次或第 i 个时段灌水的毛灌溉水量, m^3 , 具体测定可参照第4章;

$W_{\text{净}i}$ ——灌区第 i 次或第 i 个时段灌水的净灌溉水量, m^3 , 具体测定可参照第5章。

3.0.3 采用系数连乘法测定灌区灌溉水有效利用系数时,可用式(3.0.3)进行计算:

$$\eta_i = \eta_{\text{渠系}i} \eta_{\text{田}i} \quad (3.0.3)$$

式中 $\eta_{\text{渠系}i}$ ——灌区第 i 次或第 i 个时段灌水的渠系水有效利用系数,具体测定参照第6章;

$\eta_{\text{田}i}$ ——灌区第 i 次或第 i 个时段灌水的田间水有效利用系数,具体测定参照第7章。

3.0.4 灌区灌溉水有效利用系数测算分析时段可根据实际需要确定。在已经取得时段内各次灌溉水有效利用系数时,可按各次毛灌溉水量加权求得灌区该时段灌溉水有效利用系数。对灌区某年灌溉水有效利用系数进行测算时宜采用日历年为测算时段。

4 毛灌溉水量测定

4.0.1 渠灌区应在渠首进水口安装量水设施进行毛灌溉水量的测定，并建立用水量台账。采用首尾测算法测算灌区年灌溉水有效利用系数时，宜以日历年为时段统计毛灌溉水量。

4.0.2 年毛灌溉水量等于灌区全年从水源取用的灌溉水量，不包括由于工程保护、防洪除险等需要而产生的渠道（管路）弃水量、向灌区外的退水量以及相应的弃（退）水点到渠首的输水损失量等。

4.0.3 当灌区渠系除向灌溉供水外，还向工业、生活、生态、渔业、畜牧等非灌溉用水户供水时，应扣除其分水量及从分水点到渠首的相应输水损失量。

4.0.4 对多水源灌区，毛灌溉水量应包括从全部水源取用的用于灌溉的水量。

4.0.5 灌区内塘（堰）坝蓄积降水径流用于灌溉的水量，应以实测统计资料为准，如无实测统计资料，可对年度塘（堰）坝用于灌溉的水量进行调查分析和估算。如塘（堰）坝水源由灌区渠系补给，当年又从塘（堰）坝放出用于灌溉，此时塘（堰）坝供水量不应计入毛灌溉水量。对于由灌区渠系补给储蓄在塘（堰）坝中跨年度利用的水量，应从当年灌区毛灌溉水量中扣除，计入下一年度的毛灌溉水量中。

4.0.6 当灌区渠系纳蓄当地降雨产生的地表径流时，则应进行降水径流分析，将进入渠系并用于灌溉的水量计入年毛灌溉水量中。

4.0.7 井灌区宜在机井出水口处安装量水设施测量毛灌溉水量；无量水设施时可通过耗电（油）量换算为毛灌溉水量。

4.0.8 当区域机井数量较多时，可根据灌区自然条件、机井类型及其布局选择一定数量的典型机井，以各典型机井的毛灌溉水

量测算值乘以同类情况机井的数量，然后累加计算区域的毛灌溉水量。

4.0.9 对于井渠结合灌区，可分别测算井灌和渠灌的毛灌溉水量，两者相加得出灌区毛灌溉水量。



5 净灌溉水量测定

5.1 一般规定

5.1.1 净灌溉水量宜通过田间现场实测统计取得。

5.1.2 当灌溉区域较大，不能全部实测时，可选取典型田块测定其不同种植作物的单位面积净灌溉水量；灌区净灌溉水量由典型田块各种种植作物的单位面积净灌溉水量与灌区相应种植作物实际灌溉面积的乘积累加计算得到。

5.2 典型田块选取

5.2.1 选取的典型田块应种植作物单一、有独立进水口、边界清楚、形状规则、面积适中。典型田块在作物种类、灌溉方式、畦田规格、土地平整程度及坡度、土壤类型、灌溉制度与方法、地下水埋深等方面应具有代表性。

5.2.2 对于灌区的不同作物，宜分别选取典型田块。

5.2.3 大、中型灌区灌溉范围较大，应根据自然条件、工程状况、灌溉与管理差异等因素合理划分片区，按片区分别选取典型田块；每个片区中观测的每种作物至少应选取 3 个典型田块。

5.2.4 小型灌区每种需观测的作物至少选取 3 个典型田块进行净灌溉水量观测。

5.2.5 纯井灌区的典型田块应按照土质渠道地面灌、防渗渠道地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种灌溉类型分别选取，在同种灌溉类型下对每种需观测的作物至少选取 3 个典型田块进行净灌溉水量观测。

5.3 典型田块单位面积净灌溉水量

5.3.1 旱作物灌溉时，应在每次灌水前后观测典型田块内土壤计划湿润层中的土壤含水率，按式（5.3.1）计算该次单位面积

净灌溉水量:

$$w_{\text{典净}i} = 10^2 \gamma H (\theta_{2i} - \theta_{1i}) \quad (5.3.1)$$

式中 $w_{\text{典净}i}$ ——典型田块第 i 次灌水单位面积净灌溉水量, m^3/hm^2 ;

H ——灌水期内典型田块土壤计划湿润层深度, m ;

γ ——典型田块 H 深度土层内土壤平均体积质量, t/m^3 ;

θ_{1i} ——第 i 次灌水前典型田块 H 土层内土壤平均含水率 (占干土质量百分数, 采用烘干法时按附录 A 测定);

θ_{2i} ——第 i 次灌水后典型田块 H 土层内土壤平均含水率 (占干土质量百分数, 采用烘干法时按附录 A 测定)。

5.3.2 水稻淹灌时, 应观测典型田块灌溉前后田面水深, 按式 (5.3.2) 计算确定某次单位面积净灌溉水量:

$$w_{\text{典净}i} = 10(h_{2i} - h_{1i}) \quad (5.3.2)$$

式中 h_{1i} ——第 i 次灌水前典型田块田面水深, mm ;

h_{2i} ——第 i 次灌水后典型田块田面水深, mm ;

其他符号意义同前。

水稻湿润灌时, 应通过观测典型田块灌溉前后田间土壤计划湿润层土壤含水率确定某次单位面积净灌溉水量, 计算公式同式 (5.3.1)。

5.3.3 若无法按 5.3.1 条和 5.3.2 条测算单位面积净灌溉水量时, 可根据不同的灌溉方式观测某次灌水进入典型田块的水量, 以此推算实际进入典型田块的单位面积灌溉水量, 再与充分灌溉制度中该次的灌水定额进行比较, 取其小者为该次单位面积净灌溉水量。

5.3.4 旱作物及水稻的灌水定额计算方法按 GB 50288 的规定执行。采用水稻节水灌溉制度的区域, 可直接采用水稻节水灌溉制度设计的灌溉定额。

5.3.5 利用量测进入典型田块的水量推求单位面积净灌溉水量时, 可根据不同灌溉方式分别测算:

1 渠(管)道输水灌溉方式, 在典型田块进水口设置量水设施, 观测某次灌水进入典型田块的水量, 同时在田块排水口设置量水设施观测排水量, 再根据典型田块实际灌溉面积, 推算典型田块某次单位面积净灌溉水量, 计算公式如下:

$$w_{\text{典净}i} = \frac{W_{\text{典进}i} - W_{\text{典排}i}}{A_{\text{典}}} \quad (5.3.5-1)$$

式中 $W_{\text{典进}i}$ ——第 i 次灌溉进入典型田块的水量, m^3 ;

$W_{\text{典排}i}$ ——第 i 次灌溉排出典型田块的水量 (不包括因管理不当造成的排水量), m^3 ;

$A_{\text{典}}$ ——典型田块的实际灌溉面积, hm^2 ;

其他符号意义同前。

2 喷灌、微灌方式, 可通过在喷灌、微灌系统供水管道上安装水量计量装置, 计量典型田块某次的灌溉水量, 再根据典型田块实际灌溉面积, 推算典型田块某次单位面积净灌溉水量, 计算公式如下:

$$w_{\text{典净}i} = \frac{W_{\text{典进}i}}{A_{\text{典}}} \quad (5.3.5-2)$$

式中符号意义同前。

5.3.6 典型田块某时段 (或年) 单位面积净灌溉水量可由式 (5.3.6) 计算:

$$w_{\text{典净}} = \sum_{i=1}^m w_{\text{典净}i} \quad (5.3.6)$$

式中 $w_{\text{典净}}$ ——典型田块某时段 (或年) 单位面积净灌溉水量, m^3/hm^2 ;

m ——典型田块某时段 (或年) 内灌水次数;

其他符号意义同前。

5.4 灌区净灌溉水量

5.4.1 渠灌区第 j 片区第 i 种作物某时段 (或年) 单位面积净

灌溉水量可由式 (5.4.1) 计算:

$$\omega_{\text{净}ij} = \frac{\sum_{l=1}^{N_i} \omega_{\text{典}净l} \cdot A_{\text{典}l}}{\sum_{l=1}^{N_i} A_{\text{典}l}} \quad (5.4.1)$$

式中 $\omega_{\text{净}ij}$ ——渠灌区第 j 片区第 i 种作物某时段 (或年) 单位面积净灌溉水量, m^3/hm^2 ;

$\omega_{\text{典}净l}$ ——渠灌区第 j 片区第 i 种作物第 l 个典型田块某时段 (或年) 单位面积净灌溉水量, m^3/hm^2 ;

$A_{\text{典}l}$ ——渠灌区第 j 片区第 i 种作物第 l 个典型田块某时段 (或年) 实际灌溉面积, hm^2 ;

N_i ——渠灌区第 j 片区第 i 种作物典型田块数量。

5.4.2 渠灌区某时段 (或年) 净灌溉水量可按式 (5.4.2) 计算:

$$W_{\text{净}} = \sum_{j=1}^D \sum_{i=1}^T \omega_{\text{净}ij} A_{ij} \quad (5.4.2)$$

式中 $W_{\text{净}}$ ——渠灌区某时段 (或年) 净灌溉水量, m^3 ;

A_{ij} ——渠灌区第 j 片区内第 i 种作物某时段 (或年) 实际灌溉面积, hm^2 ;

T ——渠灌区内的作物种类;

D ——渠灌区的片区数量;

其他符号意义同前。

5.4.3 纯井灌区可按土质渠道地面灌、防渗渠道地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种类型分别测算净灌溉水量。纯井灌区某时段 (或年) 净灌溉用水总量可按式 (5.4.3) 计算:

$$W_{\text{净}} = \sum_{k=1}^{D_1} \sum_{i=1}^{T_1} \omega_{\text{净}ik} A_{ik} \quad (5.4.3)$$

式中 $\omega_{\text{净}ik}$ ——井灌区第 k 种灌溉类型第 i 种作物某时段 (或年) 单位面积净灌溉水量, m^3/hm^2 ;

A_{ik} ——井灌区第 k 种灌溉类型第 i 种作物某时段 (或

年) 实际灌溉面积, hm^2 ;

T_1 ——井灌区第 k 种灌溉类型作物种类数量;

D_1 ——井灌区包含的灌溉类型数量。

5.4.4 若灌区有淋洗盐碱要求时, 所需的田间净淋洗盐碱水量应为田间净灌溉水量的一部分。净淋洗盐碱水量等于净淋洗盐碱灌溉定额与淋洗盐碱灌溉面积的乘积, 净淋洗盐碱灌溉定额可根据灌区试验资料和生产经验科学合理地确定。

此时灌区年净灌溉水量应按式 (5.4.4) 计算:

$$W_{\text{净碱}} = W_{\text{净}} + LA_s \quad (5.4.4)$$

式中 $W_{\text{净碱}}$ ——灌区有淋洗盐碱要求时年净灌溉水量, m^3 ;

L ——年淋洗盐碱灌溉定额, m^3/hm^2 ;

A_s ——年淋洗盐碱面积, hm^2 ;

其他符号意义同前。

5.4.5 当作物生育期跨年度时, 应按日历年分割计算生育期。

6 渠系水有效利用系数测定

6.0.1 渠系水有效利用系数测定宜根据灌区渠首引入的总水量和末级固定渠道输出的总水量,按式(6.0.1)计算:

$$\eta_{\text{渠系}i} = \frac{W_{\text{渠净}i}}{W_{\text{渠}i}} \quad (6.0.1)$$

式中 $W_{\text{渠净}i}$ ——灌区第 i 次或第 i 个时段(或年)灌水末级固定渠道输出的总水量, m^3 ;

$W_{\text{渠}i}$ ——灌区第 i 次或第 i 个时段(或年)灌水渠首引入的总水量, m^3 。

6.0.2 测定渠系水有效利用系数时,渠系末级固定渠道输出的总水量,应通过布设量水设施进行全面实测统计。当不具备全面实测统计条件时,可选择具有代表性的典型渠道,测定典型渠道水有效利用系数,并推求各级固定渠道水有效利用系数,采用连乘法计算渠系水有效利用系数。

6.0.3 采用连乘法推算渠系水有效利用系数时,可按式(6.0.3)计算:

$$\eta_{\text{渠系}i} = \eta_{\text{干}i} \eta_{\text{支}i} \eta_{\text{斗}i} \eta_{\text{农}i} \quad (6.0.3)$$

式中 $\eta_{\text{干}i}$ 、 $\eta_{\text{支}i}$ 、 $\eta_{\text{斗}i}$ 、 $\eta_{\text{农}i}$ ——灌区第 i 次或第 i 个时段灌水的干渠、支渠、斗渠、农渠的渠道水有效利用系数。

6.0.4 灌区渠系中间缺级时,应按实际级别的渠道水有效利用系数连乘得到渠系水有效利用系数。

6.0.5 渠道水有效利用系数可采用动水法或静水法进行测定。

6.0.6 动水法测试应根据渠道布置情况,选择长度满足测试要求的代表性渠段,观测上、下游两断面及断面之间各分水口同一时间的流量,通过量化渠道损失流量,推求渠道水有效利用系数。其计算式为:

$$\eta_{\text{渠道}} = \frac{Q_{\text{下}} + \sum_{i=1}^d q_i}{Q_{\text{上}}} \quad (6.0.6)$$

式中 $\eta_{\text{渠道}}$ ——渠道水有效利用系数；

$Q_{\text{上}}$ ——上断面流量， m^3/s ；

$Q_{\text{下}}$ ——下断面流量， m^3/s ；

q_i ——断面间第 i 个分水口流量， m^3/s ；

d ——上、下断面间分水口数量。

6.0.7 动水法测试渠段应满足 GB/T 50363—2006 中附录 A.0.2 的技术要求。

6.0.8 静水法测试渠道渗漏应按 GB/T 50600—2010 中第 9.2 条的规定执行。

7 田间水有效利用系数测定

7.0.1 田间毛灌溉水量观测位置宜布置在末级固定渠道放水口。

7.0.2 若末级固定渠道放水口不具备观测条件，可将观测位置适当前移至合适位置，计算田间毛灌溉水量时，应扣除从末级固定渠道放水口到观测位置的渠系输水损失。

7.0.3 田间水有效利用系数应采用附录 B 或附录 C 的方法测算。

7.0.4 灌区某次或某时段（或年）田间水有效利用系数应根据灌区各典型田块的田间水有效利用系数和用水量，按式（7.0.4）计算：

$$\eta_{\text{田}} = \frac{\sum_{i=1}^N \eta_{\text{典}i} \cdot W_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad (7.0.4)$$

式中 $\eta_{\text{田}}$ ——灌区田间水有效利用系数；

$\eta_{\text{典}i}$ ——灌区第 i 个典型田块的田间水有效利用系数；

W_i ——灌区第 i 个典型田块所代表作物实灌面积上的用水量，其值为该典型田块的单位面积毛灌溉水量与其所代表区域作物实灌面积的乘积， m^3 ；

N ——灌区典型田块的总数。

8 水量计量

8.1 一般规定

- 8.1.1 灌溉渠道上宜设置计量设施测算水量。
- 8.1.2 渠道取水量的计量点应设在渠道进口建筑物或进口渠段。
- 8.1.3 渠道出水量的计量点应设在渠道出口处或下一级渠道的进口处。
- 8.1.4 灌溉渠道上量水应当满足 GB/T 21303 的技术要求。

8.2 量水方法

- 8.2.1 渠道量水方法可采用流速仪法、水工建筑物量水法、标准断面法或特设量水设备法等，具备条件的站点可采用自动化量水方法。
- 8.2.2 渠道纵横断面规则、渠段顺直、水流均匀、测流断面不受建筑物泄流影响的渠道可采用流速仪法量水。
- 8.2.3 测流断面下游具有构造坚固的弯道、跌水、卡口、人工堰等足以形成稳定的断面控制的渠道，或测流断面上下游渠道平直、渠床坚固、过流断面稳定、水流平稳并具有足够长度以形成渠段控制的渠道，宜采用标准断面法量水。
- 8.2.4 土渠采用标准断面法量水时，宜对测流渠段进行护底和衬砌，防止测流断面冲刷变形。
- 8.2.5 利用标准断面法量水时，应率定测流断面的水位流量关系。
- 8.2.6 渠道上符合下列条件的涵闸、渡槽、倒虹吸、跌水等建筑物可用于量水：
 - 1 建筑物本身完整无损、无变形、无剥蚀、不漏水。
 - 2 调节设备良好，启闭设备完整，闸门无歪斜，无损坏，无扭曲变形，闸门边缘与闸槽吻合紧密，不漏水。

3 建筑物前后、闸孔或闸槽中无泥沙淤积及杂物阻水。

4 符合水力计算要求，建筑物上游（或闸前）、下游（或闸后）水位差大于 5cm。

5 水流呈淹没流状态时，其淹没度不大于 0.9。

8.2.7 利用水工建筑物量水时，应率定其流量系数。

8.2.8 进入典型田块的渠道灌溉水量，宜选用薄壁堰、简易量水槽等量水设备计量。

8.2.9 机井或管道供水量，宜选用水表、流量计等量水设备计量。

9 区域灌溉水有效利用系数测算

9.1 一般规定

9.1.1 区域灌溉水有效利用系数应由测定的区域内各灌区灌溉水有效利用系数以其毛灌溉水量为权重加权平均计算取得。

9.1.2 当区域内灌区数量较多，不具备测定所有灌区灌溉水有效利用系数条件时，可选择一定数量的典型代表性灌区作为样点灌区，测定样点灌区灌溉水有效利用系数，以样点灌区灌溉水有效利用系数为基础计算区域灌溉水有效利用系数。

9.2 样点灌区选择

9.2.1 样点灌区应能基本反映区域灌区整体特点，按下列原则选择：

1 代表性。综合考虑灌区的地形地貌、土壤类型、工程设施状况、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区域范围内同类型灌区。

2 可行性。样点灌区应配备量水设施及土壤水分测量设备，并具有能开展测算分析工作的技术力量，保证方便可靠地获取测算分析基本数据。

3 稳定性。选取的样点灌区在年际间要保持相对稳定。

9.2.2 区域样点灌区数量应按下列要求确定：

1 大型灌区：区域内所有大型灌区均纳入样点灌区测算分析范围，大型灌区的总数量即为大型灌区样点灌区数量。

2 中型灌区：按中型灌区有效灌溉面积（ $A_{\text{中型}}$ ）的大小可分为3个档次， $A_{\text{中型}} < 3333\text{hm}^2$ 、 $3333\text{hm}^2 \leq A_{\text{中型}} < 1 \times 10^4\text{hm}^2$ 、 $1 \times 10^4\text{hm}^2 \leq A_{\text{中型}} < 2 \times 10^4\text{hm}^2$ ，每个档次的样点灌区应具有一定的数量，以保证样点灌区的代表性。同时，每个档次的样点灌区中应包括提水和自流引水两种水源类型，且数量和有效灌溉面

积应与区域该档次比例协调。

3 小型灌区：单个小型灌区有效灌溉面积应不小于 6.7hm^2 。小型灌区样点灌区应具有一定的数量，以保证样点灌区的代表性。同时，每个档次的样点灌区中应包括提水和自流引水两种水源类型，且数量和有效灌溉面积与区域该档次比例相协调。

4 纯井灌区：以单井控制灌溉面积作为一个样点灌区。纯井灌区应按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 种灌溉类型分别选择代表性样点灌区。在每种灌溉类型中，同一土壤类型、同一作物至少选择 2 个样点灌区。

9.2.3 区域内样点灌区应保持相对稳定。当区域内同规模或类型的样点灌区由于节水改造等原因达不到代表性的要求时，应对该规模或类型样点灌区进行合理调整。

9.3 区域不同类型灌区平均灌溉水有效利用系数

9.3.1 区域大型灌区平均灌溉水有效利用系数，应按式 (9.3.1) 计算确定：

$$\eta_{\text{大}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{大}}} \eta_{\text{大}i} W_{\text{大}i}}{\sum_{i=1}^{N_{\text{大}}} W_{\text{大}i}} \quad (9.3.1)$$

式中 $\eta_{\text{大}}$ ——区域大型灌区平均灌溉水有效利用系数；

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

$W_{\text{大}i}$ ——第 i 个大型灌区毛灌溉水量，万 m^3 ；

$N_{\text{大}}$ ——区域内大型灌区数量。

9.3.2 区域中型灌区平均灌溉水有效利用系数，应以中型灌区样点灌区测算值为基础，首先采用算术平均法分别计算不同灌溉面积规模 ($A_{\text{中型}} < 3333\text{hm}^2$ 、 $3333\text{hm}^2 \leq A_{\text{中型}} < 1 \times 10^4\text{hm}^2$ 、 $1 \times$

$10^4 \text{ hm}^2 \leq A_{\text{中型}} < 2 \times 10^4 \text{ hm}^2$) 的灌区灌溉水有效利用系数 ($\eta_{\text{中}i}$), 然后按式 (9.3.2) 计算确定:

$$\eta_{\text{中}} = \frac{\sum_{i=1}^3 \eta_{\text{中}i} W_{\text{中}i}}{\sum_{i=1}^3 W_{\text{中}i}} \quad (9.3.2)$$

式中 $\eta_{\text{中}}$ ——区域中型灌区平均灌溉水有效利用系数;

$\eta_{\text{中}i}$ ——区域第 i 种中型灌区灌溉面积规模 (i 为 1、2、3, 分别表示有效灌溉面积为 $A_{\text{中型}} < 3333 \text{ hm}^2$ 、 $3333 \text{ hm}^2 \leq A_{\text{中型}} < 1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $1 \times 10^4 \text{ hm}^2 \leq A_{\text{中型}} < 2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 灌区) 的灌溉水有效利用系数;

$W_{\text{中}i}$ ——区域第 i 种中型灌区灌溉面积规模 (i 为 1、2、3, 分别表示有效灌溉面积为 $A_{\text{中型}} < 3333 \text{ hm}^2$ 、 $3333 \text{ hm}^2 \leq A_{\text{中型}} < 1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $1 \times 10^4 \text{ hm}^2 \leq A_{\text{中型}} < 2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 灌区) 的毛灌溉水量, 万 m^3 。

9.3.3 区域小型灌区平均灌溉水有效利用系数, 以小型灌区样点灌区灌溉水有效利用系数为基础, 采用算术平均法按式 (9.3.3) 计算确定:

$$\eta_{\text{小}} = \frac{1}{N_{\text{小}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{小}}} \eta_{\text{小}i} \quad (9.3.3)$$

式中 $\eta_{\text{小}}$ ——区域小型灌区平均灌溉水有效利用系数;

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

$N_{\text{小}}$ ——区域小型灌区样点灌区数量。

9.3.4 区域纯井灌区平均灌溉水有效利用系数, 以观测分析得出的各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地面灌、防渗渠道地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种类型灌区的灌溉水有效利用系数, 然后按式 (9.3.4) 计算确定:

$$\eta_{\text{井}} = \frac{\eta_{\text{土}} W_{\text{土}} + \eta_{\text{防}} W_{\text{防}} + \eta_{\text{管}} W_{\text{管}} + \eta_{\text{喷}} W_{\text{喷}} + \eta_{\text{微}} W_{\text{微}}}{W_{\text{土}} + W_{\text{防}} + W_{\text{管}} + W_{\text{喷}} + W_{\text{微}}} \quad (9.3.4)$$

式中

$\eta_{\text{井}}$ ——区域纯井灌区平均灌溉水有效利用系数；

$\eta_{\text{土}}、\eta_{\text{防}}、\eta_{\text{管}}、\eta_{\text{喷}}、\eta_{\text{微}}$ ——区域土质渠道地面灌、防渗渠道地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种类型灌区的灌溉水有效利用系数；

$W_{\text{土}}、W_{\text{防}}、W_{\text{管}}、W_{\text{喷}}、W_{\text{微}}$ ——区域土质渠道地面灌、防渗渠道地面灌、管道输水地面灌、喷灌、微灌等 5 种类型纯井灌区的毛灌溉水量，万 m^3 。

9.3.5 区域平均灌溉水有效利用系数，应按式 (9.3.5) 计算确定：

$$\eta_{\text{区域}} = \frac{\eta_{\text{大}} W_{\text{大}} + \eta_{\text{中}} W_{\text{中}} + \eta_{\text{小}} W_{\text{小}} + \eta_{\text{井}} W_{\text{井}}}{W_{\text{大}} + W_{\text{中}} + W_{\text{小}} + W_{\text{井}}} \quad (9.3.5)$$

式中

$\eta_{\text{区域}}$ ——区域平均灌溉水有效利用系数；

$\eta_{\text{大}}、\eta_{\text{中}}、\eta_{\text{小}}、\eta_{\text{井}}$ ——区域大、中、小型灌区及纯井灌区的灌溉水有效利用系数；

$W_{\text{大}}、W_{\text{中}}、W_{\text{小}}、W_{\text{井}}$ ——区域大、中、小型灌区及纯井灌区的毛灌溉水量，万 m^3 。

附录 A 土壤含水率测定方法

A. 0.1 土壤含水率的测定应按下列步骤进行：

1 将盛土用的铝盒（直径 60mm，高 30mm）洗净烘干，放入干燥器中冷却至室温，迅速用感量为 1/100g 的普通天平准确称质量。

2 在田间测点用土钻取有代表性的新鲜土样，刮去土钻中的上部浮土，将土钻中部所需深度处的土壤约 25g 放入铝盒中，盖紧，装入木箱或其他容器，带回室内，将铝盒外表擦拭干净，迅速在分析天平上称质量，准确至 0.01g。每个测点应取 3 个样本平行测定，样本间距控制在 10cm 之内。

3 将装入湿土的铝盒的盖子打开，放在盒底下，置于已预热至 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的烘烤箱中烘烤 12h，取出，盖好，在干燥器中冷却至室温（约需 30min），立即称质量。

4 每个测点土壤含水率用该测点各样本平行测定结果的算术平均值表示，保留小数后一位。平行测定结果的相差，水分为 5%~25% 的潮湿土样不得超过 0.3%，水分大于 15% 的大粒（粒径约 10mm）黏重潮湿土样不得超过 0.7%（相当于相对误差不大于 5%）。对各测点的土壤含水率再进行算术平均，求得计划湿润层内的平均土壤含水率。

A. 0.2 土壤含水率应按下列方法分析计算：

1 土壤含水率（占干土质量百分数）应按式（A. 0.2-1）计算：

$$\theta = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} \times 100\% \quad (\text{A. 0.2-1})$$

式中 θ ——土壤含水率（占干土质量百分数），即单位质量干土中含有的水分质量；

M_1 ——烘干空铝盒质量，g；

M_2 ——烘干前铝盒及土样质量，g；

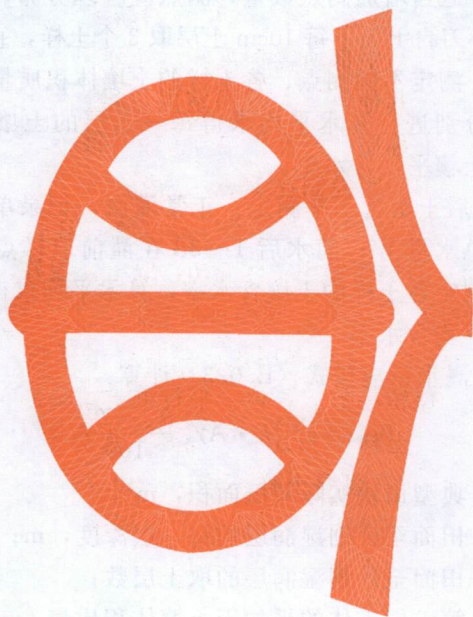
M_3 ——烘干后铝盒及土样质量，g。

2 土壤含水率（占干土体积百分数）应按式（A.0.2-2）计算：

$$\theta_{\text{体}} = \theta_{\text{干}} \gamma_{\text{干}} \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中 $\theta_{\text{干}}$ ——土壤含水率（占干土体积百分数）；

$\gamma_{\text{干}}$ ——干土壤体积质量，g/cm³。



附录 B 旱作物田间水有效 利用系数实测法

B. 0. 1 灌水前土壤参数测定：典型田块灌水前，沿水流方向布设测线，沿测线的上、中、下游选若干个测点，一般取 3~5 个，条件允许时，可适当增加测点数量，测点应合理分布。挖掘垂直土壤剖面，以环刀自上而下每 10cm 土层取 3 个土样，直至计划湿润层深度；逐一测定不同测点、各土样的土壤体积质量、灌水前土壤含水率，分别进行算术平均求得每一土层的土壤平均体积质量、灌水前土壤平均含水率。

B. 0. 2 灌水后土壤含水率测定：正常灌溉，记录单次末级固定渠道放出的总水量 W ；灌水后 1~3d 在灌前取样点附近以土钻采集土样，测定各土样的土壤含水率，算术平均求得灌水后每一土层的土壤平均含水率。

B. 0. 3 净灌溉水量应按式 (B. 0. 3) 计算：

$$W_{\text{净}i} = \sum_{k=1}^n h \cdot A \gamma_k \frac{\theta_{2k} - \theta_{1k}}{100} \quad (\text{B. 0. 3})$$

式中 A ——典型田块实际灌溉面积， m^2 ；

h ——田面至计划湿润层的每一层深度， m ；宜取 0.1m；

n ——田面至计划湿润层的取土层数；

γ_k ——第 k 层土体的平均干土壤体积质量， g/cm^3 ；

θ_{1k} ——第 k 层土体灌水前土壤平均含水率（占干土质量百分数）；

θ_{2k} ——第 k 层土体灌水后土壤平均含水率（占干土质量百分数）。

B. 0. 4 田间水有效利用系数应按式 (B. 0. 4) 计算：

$$\eta_{\text{田}} = \frac{W_{\text{净}i}}{W_{\text{末}}} \quad (\text{B. 0. 4})$$

式中 $W_{\text{末}}$ ——末级固定渠道放出的总水量， m^3 。

附录 C 水稻田间水有效利用 系数实测法

C.0.1 泡田期田间水有效利用系数测定应符合下列要求：

1 土壤参数测定：泡田前，在典型田块沿水流方向布设测线，在测线的上、中、下游选若干个测点，一般 3~5 个，条件允许时，可适当增加测点数量，测点应合理分布。挖掘垂直土壤剖面，以环刀自上而下每 10cm 土层取 3 个土样，直至稻田犁底层深度；逐一测定各土层的土壤体积质量、泡田开始前的土壤含水率、饱和含水率，分别进行算术平均求得犁底层深度的土壤体积质量、泡田开始前土壤含水率和饱和含水率。

2 泡田期日平均渗漏量测定：待耙田结束、水层稳定后，在典型田块固定位置安装测桩和测针，每日上午 8 时用带有“静水”措施的测针观测田间水层的水位变化；同时安装雨量计和 E601 蒸发皿同步观测逐日降水量和蒸发量，然后利用式 (C.0.1-1) 计算日平均渗漏量：

$$F_i = Z_{i1} - Z_{i2} + P_i - E_i \quad (\text{C.0.1-1})$$

式中 F_i ——泡田期第 i 天的稻田渗漏量，mm；

Z_{i1} ——对应第 i 天前一天的田面水层水位，mm；

Z_{i2} ——第 i 天的田面水层水位，mm；

P_i ——第 i 天的有效降水量，mm；

E_i ——第 i 天的 E601 蒸发皿实测的蒸发量，mm。

3 田间水有效利用系数可按式 (C.0.1-2) 计算：

$$\eta_{\text{泡}} = \frac{M_{\text{泡}}}{W_{\text{泡}}} \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$M_{\text{泡}} = 1000 \gamma_{\text{稻}} H_{\text{稻}} (\theta_{\text{饱}} - \theta_0) + h_0 + E + F - P_0$$

式中 $\eta_{\text{泡}}$ ——泡田期田间水有效利用系数；

$M_{\text{泡}}$ ——泡田期净灌溉定额，mm；

$W_{\text{泡}}$ ——泡田期末级固定渠道放出的总水量, mm;

$H_{\text{稻}}$ ——稻田犁底层深度, m;

$\gamma_{\text{稻}}$ ——稻田 $H_{\text{稻}}$ 深度内稻田平均干土壤体积质量, g/cm^3 ;

$\theta_{\text{饱}}$ ——稻田 $H_{\text{稻}}$ 深度内土壤饱和含水率 (占干土质量百分数);

θ_0 ——稻田 $H_{\text{稻}}$ 深度内泡田开始时土壤实际含水率 (占干土质量百分数);

h_0 ——泡田结束后稻田实际水层深度, mm;

E ——泡田期总的水面蒸发量, mm;

F ——泡田期稻田总的渗漏量, mm;

P_0 ——泡田期有效降雨量, mm。

C. 0. 2 生育期灌水前田面有水层: 在典型田块固定位置安装测桩和测针, 记录灌水前田面水位 Z_1 , 正常灌溉, 记录末级固定渠道放出的总水量 W , 灌水后, 每 10min 测定田间水层, 至田间水层达到稳定, 记录田面水位 Z_2 。田间水有效利用系数计算公式:

$$\eta_{\text{水}} = \frac{(Z_2 - Z_1)A}{1000W_{\text{末}}} \quad (\text{C. 0. 2})$$

式中 $\eta_{\text{水}}$ ——有水层时的田间水有效利用系数;

Z_1 ——灌水前田面水位, mm;

Z_2 ——灌水后田面水位, mm。

C. 0. 3 生育期灌水前田面落干应符合下列要求:

1 土壤参数测定

在典型田块选择代表性测点 (可参照泡田期), 挖掘垂直土壤剖面, 以环刀自上而下每 10cm 土层取 3 个土样, 直至稻田犁底层深度; 逐一测定不同测点、各土样的土壤体积质量、灌水前初始含水率和饱和含水率, 分别进行算术平均求得每一土层的土壤平均体积质量、灌水前土壤平均含水率和平均饱和含水率。土壤含水率测定参见附录 A。

2 灌水后田面水位测定

在典型田块固定位置安装测桩测针，记录田面高程；正常灌溉，记录末级固定渠道放出的总水量；灌水后，每 10min 测定田间水面，至田间水层达到稳定，记录田面水位。

3 田间水有效利用系数按式 (C.0.3) 计算：

$$\eta_{\text{t干}} = \frac{\sum_{k=1}^n h \cdot A \gamma_k \frac{\theta_{\text{饱}k} - \theta_{1k}}{100} + \frac{Z_2 - Z_0}{1000} A}{W_{\text{末}}} \quad (\text{C.0.3})$$

式中 $\eta_{\text{t干}}$ ——落干期的田间水有效利用系数；

Z_0 ——田面高程，mm；

$W_{\text{末}}$ ——末级固定渠道放出的总水量， m^3 ；

n ——稻田田面至犁底层的取土层数；

h ——稻田田面至犁底层的每一层深度，m；一般取 0.1m；

γ_k ——第 k 层土体的平均干土壤体积质量， g/cm^3 ；

θ_{1k} ——第 k 层土体灌水前土壤平均含水率（占干土质量百分数）；

$\theta_{\text{饱}k}$ ——第 k 层土体土壤平均饱和含水率（占干土质量百分数）。

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应，不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做