

农田蒸发观测规范

◀ 梯度观测法 ▶

农田蒸发观测规范

—梯度观测法—

目 录

	页 码
序	3—1
第一章 总 则	5—2
第二章 组织观测	6—3
1 观测地段的选择和说明	6—3
2 仪器及其安装	7—4
第三章 观 测	9—6
1 观测的项目和观测时期	9—6
2 观测的时间和观测的程序	10—7
3 观测的记录	13—11
第四章 观测资料的整理	14—12
1 日蒸发量的计标	14—12
2 农田蒸发观测月报表(TCX-67)的编制	18—15
3 蒸发观测资料的技术检查	19—18
4 蒸发观测资料的审核	20—19
第五章 农田梯度蒸发观测资料的付印准备	22—21

附 录

1 非标准高度上测得的气温和空气湿度 梯度值换算成标准高度的系数查标表	27—24
--	-------

2. 在 Δt 和 u 不同数值下稳定参数 ε 的数值查标表	28—25
3. 各种下垫面的糙度参数 Z_{00} 的查标表	30—27
4. 用以计算蒸发量 (毫米/小时) 的列线图	附图 28
5. 计算日蒸发量用的辅助表 (E 毫米/天)	31—29
6. 计算风速用的辅助表	34—32
7. 农田蒸发观测记录簿 (KCX-11)	35—33
8. 农田蒸发梯度观测记录表 (FCX-67)	43—40
9. 农田蒸发观测资料样本	49—45

原 序

“农田蒸发观测规范”的目的，在于规定水文气象总局的各个站哨用统一的程序和方法观测土壤蒸发。

国立水文研究所和地球物理现象总台曾对现有测定土壤蒸发的方法作过比较研究，证明土壤蒸发器法和梯度法最适宜于推广到站哨网上使用。

观测某一农地上的蒸发，通常应当采用一种方法——土壤蒸发器或梯度方法进行，可以由地方水文气象局选择。有些场合根据总局指示，要在一个观测地段相应的蒸发场上同时运用上述两种方法观测农田蒸发。

“农田蒸发观测规范”分成两部分：

第一部分——“用土壤蒸发器法观测蒸发”

第二部分——“用梯度法观测蒸发”。

这一部分叙述了用梯度法测定蒸发的方法，讲到选择观测位置、组织观测、进行观测和整理观测资料的各种要求以及农田蒸发观测资料付印准备工作的指示。

用梯度法可以测定各气候区中：谷类、蔬菜、瓜类，也可以测定休耕地、生荒地、荒草地、草地及其他农业用地上的农田蒸发。

这一部分是根据经过三个农业气象站和许多实际调查两年的试验地球物理现象总台制定的方法编写而成的。

本书系由地球物理现象总台方法处主任研究员 Н. П. Русин 负责编写的，参加编写的人还有研究员 И. С. Борушко 和 Л. А. Ключникова 并经过 Т. А. Отнёва 校对。

对本书如有改进的意见和提议，请寄：Г. Ленинград-13
Малая Спасская ул. д. 17. Главная геофизическая
обсерватория И. М. А. И. Воейкова。

第一章 总 则

§ 1 观测蒸发的目的，在于研究各气候带农田与河流集水区的水分平衡。

这些观测资料对于改进水文与农业气象的统计和预报，确定农田的灌溉定额和灌溉日期，研究保存田间土壤水的办法，以及解决其他许多实用问题上都是必须的。

在计算农田的热量平衡上，进行气候学和其他研究上，也广泛地利用蒸发观测资料。

§ 2 农业气象站、河流站，以及各主要土壤气候区按测点平均分佈选定的水文站气象站，都要组织土壤蒸发观测。

为了研究农田蒸发，各站首先应在种有该区最重要的作物的田地上组织蒸发观测。

在研究集水区的水分平衡时，应在集水区的主要农地上组织蒸发观测。

§ 3 用梯度方法测定蒸发的实质，就是计算单位时间内通过单位面积的垂直水汽通量，即相当于从表面所蒸发的水量。

测定水汽通量用的计算公式如

$$E = K \frac{\partial q}{\partial z} \quad (\text{克/厘米}^2 \cdot \text{秒})$$

式中 K 为 1 米高的乱流系数，它代表垂直混合的强度，其单位为厘米²/秒或米²/秒，其数值系根据测得一个高度上的风速和近地面气层的温度梯度（或两个高度面上的温度差）计算。

$\frac{\partial q}{\partial z}$ 是近地面气层中空气绝对湿度的梯度，梯度值係根据量得的两个高度上空气湿度确定。

用梯度法测定农田蒸发，可以从一小时起到整个生长期止测定任何时段的蒸发，并且还能测定种有植物田地的总蒸发量，即

土壤蒸发和植物蒸发（蒸腾）。

用梯度法测定蒸发时，必需有离活动面0.5米和2.0米高的空气湿度和湿度观测资料以及1米高的风速资料。

没有植被的地面以及种有农作物的地中达植被高度三分之二处，作为活动面（有时被称为移位高度）。

以每小时毫米水层为单位的蒸发量，是利用特制的列线图根据观测资料计算。蒸发下的水份的日总量，则是根据能够代表蒸发日变化的四次定时观测（7、10、13和16时）的蒸发数值计算。

求一日以上时间的总蒸发量，是把各日数值相加。

第二章 組織观测

1. 观测地段的选择和说明

§4 用梯度法观测蒸发的工作，应当建立在固定的农业气象观测地段上，以及选定的作物田地上。选作观测蒸发用的农田，距离测站观测场不得超过三—四公里。

如果在选作观测蒸发的田地上没有固定的农业气象观测地段，必须上面选择临时观测地段，在该地段上设置梯度观测。应按照农业气象观测的要求，选择和说明观测地段。

由于进行轮作的关系，应当按照作物每年变换农田上的蒸发观测地段而在有草被（草地、生荒地和荒废地）和不进行轮作的田地上总应当在同一观测地段上进行蒸发观测。

§5 用梯度法测定蒸发用的坊地，应当设在观测地段上，其面积为 10×10 米²。

在选择梯度观测和組織观测时，必须考虑到下列的要求：

1. 坊地应当平坦开阔，离开个别建筑物或树木的距离，至少

为这些物体高度的1.5倍，离开地界和道路不得少于1.50米。

2. 为了走近场地和在上面走动，应当设有小路，以便不致损坏场地其余部分的草被。

3. 如果需要防备仪器装置受到损坏，应当用铁线或绳子系在柱子上做成围栏。

4. 在林带中间的田地上组织观测时，要是林带之间的距离超过树木高度30倍，则场地离开林带的距离应为树木高度的1.5倍以上；如果林带之间的距离不到树木高度的30倍，场地应当设在田地中央。

5.6. 蒸发观测地段和梯度观测场的位置，应当由试验负责人选择。

5.7. 用梯度法测定蒸发的场地理位置选好以后，应编制观测地段的平面图，图上应该绘出一般地物（地段界限、道路、林带、建筑物等）和梯度观测场的位置。选择图的比例尺时，以使图在 30×40 厘米²大小的一张纸上能够容纳得下为原则。

观测地段的原图保存在试验单位主管机构的文件里面，图的两个付本应当分别保存在试验单位和试验负责人的身边。

2. 仪器及其安装

5.8. 用两支大型通风干湿表来测定空气温度和湿度，一支手持风速表测定风速。这些仪器的说明见气象仪器学或地面观测规范。

进行梯度观测用的全套仪器里面，还应当包括一只表（或者秒表）。

5.9. 场地上的通风干湿表是安在两根直径5—7厘米的竿子上。一根竿子用来观测离活动面0.5米高的资料，另一根用来观测2米高的资料。竿子的长度取决于植被的高度。安置竿子应使彼此离开2.0—3.0米，埋入地中的深度为40—50厘米。再

用拉繩系牢。

在拔小的一根竿子上，干湿表成水平状态使温度表的球部离活动面 0.5 米高。为了水平地安置干湿表，应在竿子的北面和西面钉上两根钉子。用一根铁线或者牢固的绳子将干湿表吊在钉子上。把绳子（铁线）一端绑在仪器的颈部上，另一端绑在仪器的承口上。绳子应当打结，使干湿表在钉子上不会移动，能够永远保持水平状态。干湿表的承口应当朝着风吹来的方向。也要注意勿使阳光射到干湿表的承口里面。也不容许使温度表的球部或高或低。

在第二根竿子上应当用钩子将干湿表垂直悬挂起来，使温度表的球部离活动面一米高。为了便于读取干湿表的示度，应当有一架适当高度的梯子。梯子不要靠在竿子上。

§10. 手提风速表安在一根直径 5 厘米粗的木杆上，离活动面的高度规定是一米。木杆应埋进地里面 40—50 厘米深。安置风速表时要考虑仪器本身的高度，所以规定的高度一米是指活动面到风速表风杯的这段距离。

为了便于在植物生长期向重新安置风速表，宜采用一根专门的短铁管，将铁管一端牢固地套在木杆上，另一端装上必要长度的木栓，再把风速表拧在木栓上，随着植物长高的程度，可以随时换用长度增加的木栓。

§11. 手提风速表和通风干湿表由于使用日期有限，应当只在观测的时候才安上去，观测完毕立刻取下来。

随着植物的生长程度和出现倒伏的情形，应当在杆子上重新安置通风干湿表和手提风速表，使仪器离活动面的高度总保持在 0.5 和 2.0 米（干湿表）及 1.0 米（风速表）的位置上。规定植被高度每改变 10 厘米，就要重新安置一次仪器。

例 1. 植被面的平均高度为 60 厘米，活动面的高度将等于

40厘米。下面一支干湿表就要安在40厘米+50厘米=90厘米的高度上，上面一支干湿表应当安在40厘米+200厘米=240厘米的高度上。

如果植物的平均高度超过90厘米，安置下面一支干湿表时，就比平均高度再高20厘米（即110厘米）。上面一支干湿表仍象以前一样安在离活动面20米高的地方。

例2：植被的平均高度是150厘米，下面一支干湿表安置的高度就应当是150厘米+20厘米=170厘米，上面一支干湿表离地面的高度为100厘米+200厘米=300厘米。

§12 要是仪器装置附近的植被被踏坏，安干湿表和风速表的竿子，就要在专用场地上0.01公顷的范围内重新安置。关于竿子重新安置和仪器安置高度经过改变的情况，应在观测记录簿里面注明。

第三章 观 测

1. 观测的项目和观测时间

§13. 在梯度观测场上应进行下列观测：

1. 两个高度上的空气温度和湿度观测
2. 一个高度上的风速观测
3. 云和日光情况的观测
4. 植被高度的观测

5. 农业气象观测（在梯度观测场所处的观测地段上）

在农业气象固定观测地段上的农业气象观测，根据实验计划按照农业气象完备观测项目或简要项目进行。在临时观测地段上进行农业气象观测，则只观测下面四个项目：1. 土壤表层(0-2

厘米)的湿润状况；2. 每5天观测一次的农作物和牧草的发育期；3. 植株高度，农作物和牧草受气象损害的情形(对农作物状态作总的评定)；4. 田间作业。

§14. 梯度场上的观测是从春天开始，即在积雪消失以后土壤变成“良好润湿状态”的时间进行，一直观测到秋季，也就是冻土深度达到5厘米以上或形成稳定积雪的时候方才停止。

在种秋播作物的田地上，秋季的蒸发观测一直要继续到生长停止为止，到来年春季再重新开始观测。如果这一年的蒸发观测是在休闲地上进行的，这块地上秋季种的是秋播作物，则在播种秋播作物以后仍要继续观测。

在翻耕、播种和收割的当天，应将全部仪器设备拿走，上述田间工作完毕以后，再把仪器重新安置回去。

註：1. 整个冬季均无5厘米以上的稳定积雪或稳定冻土深度的地区，在形成第一次积雪以后停止观测。

2. 作物在冬季仍然继续生长的地区，应进行全年观测。

3. 在农作物生长期内有下雪的地区，有暂时积雪的期间仍应继续观测。

2. 观测时间和观测程序

§15. 空气温度和湿度的观测，云和日光情况的观测，以及风速的测量，是在地方平均太阳时7、10、13和16时进行。

如果某一观测定时有降水，这个时间就不进行观测，植被高度每旬测量一次，在7时观测以后进行。

由于倒伏、电击和其他原因而使植被高度显著变化时，应当进行补充测量。

年度或临时观测地段上的所有农业气象观测，应当根据农业气象观测规定的观测定时进行，不过目测土壤表层(0-2厘米)

的湿度应当除外。这种观测应当在所有梯度观测的时间（7、10、13和15时）进行。

§16. 进行梯度测量时，观测员在打开风速表开关10分钟以前就要把仪器安在适当的高度上。安好干湿表以后，观测员应当检仪器的正确性和可靠程度，固定得是否牢靠，以及下面这支干湿表安装的水平程度。

从安置仪器到开始观测风速表和干湿表的这段时间内是观测云量、日光情况（根据1954年“水文气象站观测规范”第三分册第一部分进行）和土壤表层的湿润状态。

§17. 观测干湿表时必须遵守下面两条规定：

1. 润湿湿度表：上干湿表的发条和对湿度表读数，均应先从下面这支干湿表开始，然后再对付上面这支干湿表；

2. 润湿以后要过4分钟才能读取湿度表的示度。

观测干湿表应按照下面的顺序：

1. 打开风速表的开关以前两分钟润湿湿度表（即在6时43分、9时43分……），上好下面这支干湿表的通风器发条，再润湿上面一支干湿表的湿度表和上发条。

2. 润湿以后过4分钟进行第一次读数，先读下面后读上面的干湿表。

3. 读完第一次以后，再补上一下干湿表的发条，之后过两分钟后进行第二次读数。

4. 第二次读数以后两分钟进行第三次读数。

5. 读完第三次数以后再润湿湿度表，上一下干湿表的发条，润湿以后过4分钟进行第四次读数，就这样连续到第八次读数。下面表1（见次页）列出13时一组读数过程中的详细观测程序。

要是有一支干湿表坏了，又不可能调换，就照下面顺序用剩下的这支干湿表观测。

1. 润湿温度表，上干湿表的发条，过4分钟对装在0.5米高度上的干湿表进行第一次读数。

2. 补上一下发条，过2分钟在同一高度上作第二次读数。

3. 将干湿表移置到2.0米的高度上，润湿温度表，过4分钟对这一高度上的温度表作第一次读数。

4. 补上一下干湿表的发条，过2分钟在同一高度上作第二次读数。

5. 将干湿表移置到0.5米的高度上，过3分钟对0.5米高度上的温度表作第三次读数。然后润湿纱布，补上一下发条，过4分钟再在这一高度上作第四次读数。

6. 将干湿表再移置到2.0米的高度上，补上一下发条，过3分钟作第三次读数，过2分钟再作第四次读数。

就这样一共进行8次读数（每个高度上作四次读数）。同时应当注意，在将干湿表移置以后只有经过3分钟才能对它进行读数。

§18 用风速表测定风速是测定30分钟内的平均风速。测定的方法是在每组读数开始的时候打开风速表的开关，过30分钟关上（表1）。

§19 观测所用的风速表，应当鉴定，这种鉴定需每日进行一次。

风速表进行鉴定的方法是同标准风速表比较。鉴定时将使用的风速表和标准风速表安在一根木板条上，彼此离开60-70厘米。板条要水平地安在一个平坦而十分开阔的地方，与北方平行，离地1.5米。两个风速表进行比较的风速不得小于1.5米/秒和大于5.0米/秒。安好风速表以后把风速表的开关尽量同时打开，过10分钟再关上，分别读数，再打开开关10分钟。统计每秒的刻画数目时，应注意风速表的读数差要用600秒（相当于风速表打开

10分钟的秒数)去除。由风速表两组读数标出的风速应当平均,即取每个风速表在两次十分钟内的风速总数,再用2除。然后再被鉴定的风速表与标准风速表得出的风速互相比较。两个风速表平均风速之差不应超过0.3米/秒,要是超过,被鉴定的风速就不适用。风速表鉴定的记录例子见附录7。

标准风速表每年应经过仪器检定所的检定。

表1 观 测 程 序

观测时间 时 分	要素名称	仪 器	所 做 的 工 作
12 35	准备观测		安置仪器,检查仪器和装置是否完好
12 40	云和日面状态	目 测	云和云状,日光情况记号
12 43	空气温度和湿度	干湿表	润湿纱布和上干湿表的发条
12 45	风	风速表	打开风速表的开关
12 47	空气温度和湿度	干湿表	第一次读数
12 48	"	"	补上干湿表的发条
12 51	"	"	第二次读数
12 53	"	"	第三次读数
12 54	"	"	润湿纱布上发条
12 58	"	"	第四次读数
13 00	"	"	第五次读数
13 01	"	"	补上发条
13 04	"	"	第六次读数
13 05	"	"	润湿纱布,补上发条
13 09	"	"	第七次读数
13 10	"	"	补上发条
13 12	"	"	第八次读数
13 15	"	风速表	关上风速表的开关

§ 20 植被的高度应在梯度坊上安置仪器附近的固定位置测定。测定时用有厘米格线的木尺进行（可以利用轻便量雪尺测定）。为了避免破坏天然植被，宜在小区上进行这些测定。

测定时观测员将尺子立在离开一手远的地方，弯下身去看尺，植被高度与尺子的那一根格线齐平，便可以得出植被的高度。

§ 21 农业气象观测，按照农业气象观测法进行。

3. 观测的记录

§ 22 观测结果记在专用的农田蒸发梯度观测记录簿里面（KCX-11，见附录1）。

在记录簿第1、2、3页上，记录关于测站、工作用的仪器及下垫面的状态的一般情况。

以下各页按下列顺序记上定时观测的结果。

在用仪观测以前，应在有关栏内记上日期（月、日），云（用分数表示的总云量和低云量，以及主要云状），用规定符号记载日光情况，用文字和指标记载表土的湿润状态，及打开开关以前的风速表示度。其次是记录仪器观测的结果，包括干湿表在每个高度上的8次读数 and 风速表的第二读数。

如果在观测的时间内云和日光情况发生变化，应在附记里面注明。回到站上以后，要记下气压计的读数（为了计算空气湿度）。

在记录簿的倒数第二页上“植被高度”表内，记下尺子的读数和仪器离地面的实际高度；在风速表的读数表内，填上风速表的读数结果。在秋耕地上观测时，“植被高度”一表不用填写。

第四章 观测资料的整理

1. 日蒸发量的计标：

§23 每个定时的观测资料，应在观测完毕以后立即整理。整理的目的，在于得出0.5和2.0米高度上的空气温度和湿度（30分钟内的平均值），这两个高度之间的空气温度和湿度的差数，30分钟内1米高的平均风速，以及标出蒸发量。整理的结果应当记在观测簿的有关栏内。

整理植被高度的测量资料和计标活动面的高度，也要在测量以后进行，以便能够及时改变仪器的安置高度。

§24 整理植被高度资料的方法，是将量得的植物高度相加，再把总和用10去除。测定活动面高度的方法，是将植物的平均高度用273去乘。

§25 确定空气温度和湿度时，需要：

1. 标出每个高度8次读数的干球和湿球的平均温度。
2. 将特定证上的订正值加在得出的平均值上。
3. 根据订正后的温度值借湿度查标表*确定空气的绝对湿度（毫巴），并加气压订正。

§26 得出温度差（ Δt ）的方法，是将0.5和2.0米高度上的干球平均温度相减。得出湿度差的方法，是将这两个高度上的绝对湿度相减。将标出的 Δt 和 Δe 填入“订正后的 Δt ”和“订正后的 Δe ”栏内。

如果空气温度和湿度不是在标准高度上测定的（如§11例2所示），必需把实际高度上得出的空气温度和湿度的差数 Δt 及 Δe 换算到标准高度上，其方法是将得出的 Δt 和 Δe 乘以表中（附录1）查出的系数。

*湿度查标表，1952年列字格勤水文气象出版社出版。

举例：下面一支干湿表安置的高度离地面是70厘米，上面一支干湿表是200厘米（见§1例2）。在附表1的表上第12栏（下面干湿表70厘米的高度）和下面一行（上面干湿表200厘米的高度）查出系数1.32，用这个系数去乘实际测得的 Δt 和 Δc ，便可以订正到标准高度。

如果在非标准高度上测得的 $\Delta t = 0.5$ ，换算到标准高度上就等于 $0.5 \times 1.32 = 0.7$ 。这种运算是在订正后的 Δt 表格内进行，对 Δc 也要用这种方法处理。

§27. 要确定平均风速时，必需用1800（30分钟相当于1800秒）去除风速表的第一次和第二次读数之差，按照得出数字（分昼/秒）再根据析定证去确定风速。

为了便于计算分昼/秒数，本书附有一张辅助表（见附录6）。该表第1、3、5等栏载有风速表读数差的范围（这些范围相当于计算分昼/秒数的精确度）。第2、4、6栏内有相当于该差数的分昼/秒数。

利用表格的规则见下面一个例子。

风速表在30分钟内的读数差是4450。在第五栏查着了这个数字，第四栏中便看出与之相当的分昼/秒数是2.5分昼/秒。

§28. 计算蒸发是用列线图

下面的公式是用来作为绘制列线图的基础。

$$E = a u_1 \Delta c$$

式中 E —— 蒸发量（毫米/小时）， u_1 —— 1米高的风速

Δc —— 0.5和2.0米高度上湿度值的差数， a —— 随0.5和0.2米高的温度差 Δt 而变的某种系数，它等于

$$a = \frac{0.41 \varepsilon^2 z_0^2}{(1 - \varepsilon)^2 (z_1^2 - z_0^2) (z_2^2 - z_{0.5}^2)}$$

— 74 —

这里的 ε 为大气稳定参数, z_0 为表面糙度参数, $z_{0.5} = 0.5$ 米, $z_1 = 1.0$ 米, $z_2 = 2.0$ 米。

稳定参数 ε 代表近地面气层的热力状态, 与温度差向风速的平方的比值 $\frac{\Delta t}{u^2}$ 成比例。参数 ε 可以具有不同的符号。

当 Δt 的数值为正时 (即温度随高度而减小), 天气出现不稳定状态 (对流), 这时 ε 是正值。当 Δt 的数值为负时 (即温度随高度而增加), 近地面气层的状态稳定 (逆温), ε 为负号。如果温度随高度没有变化, 近地面气层的状态称为无变化状态 (等温), 在这种条件下 ε 的数值等于零。

列线图可以用来测定毫米/小时的蒸发量, 这时要求有下列数值:

1. 大气稳定参数 ε ; 它是在附录 2 的表上根据测得的温度差 Δt 和风速 u , 确定, 可以在表中 Δt 和 u 两栏的相交处查出 ε 的数值。如果风速大于 6.0 米/秒, 则 ε 等于零。要是风速小于 0.5 米/秒, 就不测定 ε 值, 因而也不测定蒸发。

2. 糙度参数 z_0 (按 $\varepsilon = 0$, $z_0 = z_{0.5}$)。它随不平坦的程度而变, 像根据附录 3 的表确定。

3. 风速 u 。

4. 绝对湿度差 Δe (毫巴)。

§ 29. 列线图本身是一个标尺系统 (见附录 4), 在图左边和右边空白的四根垂直轴线上, 有 8 种标尺, 适用于糙度参数 z_0 的不同数值。标尺适用于 z_0 的数值范围如下: 图左边为 0.5, 1.0, 2.0 和 3.0 厘米, 右边为 4.0, 5.0, 6.0 和 7.0 厘米。

标尺上的线条相当于稳定参数 ε 从 -0.1 (逆温) 到 0.30 (对流) 的数值。图上自右往左上方法的斜线是风速 (u) 的等值线, 从左往右上方法的斜线, 是 0.5 和 2.0 米高的绝对湿度差 Δe 的等值线。