

# 农业气象学实验指导

广东农林学院农学系

---

气象教研组编

1975年10月

# 目 录

|                                                   |        |
|---------------------------------------------------|--------|
| 一、气象观测一般介绍                                        | 1      |
| 二、观测场、观测时间、程序和守则                                  | 1      |
| 三、地温的观测                                           | 5      |
| 四、空气温度和湿度的观测                                      | 10     |
| 五、云的观测                                            | 17     |
| 六、降雨量的观测                                          | 23     |
| 七、风的观测                                            | 25     |
| 八、地面基本气象观测记录月报表的整理                                | 26     |
| 九、气候资料的整理方法和分析运用                                  | 31     |
| 甲、气候资料的整理                                         | 31     |
| (一) 基本气候资料的统计                                     | 31     |
| (二) 月平均温度直方图的绘制及应用                                | 33     |
| (三) 用正负偏差 <sup>涉</sup> 确定各别年分日平均气温稳定通过某一界限温度日期的方法 | 37     |
| (四) 平均初、终霜日期的计算                                   | 38     |
| (五) 降水变率和保证率的计算                                   | 40     |
| 乙、气候资料的分析运用                                       | 43     |
| (一) 气候图的制作方法                                      | 43     |
| (二) 原有耕作制度绘成示意图                                   | 44     |
| (三) 气候情况与耕作制的分析                                   | 44     |
| (四) 新耕作制度的拟订                                      | 44     |
| 十、农田小气候观测                                         | 45--55 |

## 气象观测一般介绍

气象观测的任务，在于对大气中发生的各种物理现象及其变化过程进行系统的、连续的观察和测定。它是天气预报、气候分析和科学研究工作的主要基础之一。气象观测所得的资料，广泛应用于国民经济的各个部门，特别是农、林、水利、交通运输和各种工程建设方面。

有价值的观测资料，必须是系统的，准确的，同时，要具有“三性”即：

1、代表性：即要求观测所得的气象记录，不仅能代表测站一点的天气、气候特点，而且还能代表周围较大范围内的特点。因此，对于观测场地位置的选择和设置以及仪器的安置等都应符合一定的要求。

2、比较性：指一个台站所观测到的气象情报资料，要能与全国其它台站以及不同时间之间进行分析比较。因此，气象观测工作必须在同一时间内，按照统一的观测和资料整理方法，使用同一规定要求安装的仪器，并要求观测员严格遵守观测规范，统一进行操作。

3、准确性：即观测记录必须正确地反映客观情况。因此，要求观测方法合理，仪器精确，观测操作正确，同时观测人员应具有高度的工作责任感和很好的技术素养。

## 二、观测场、观测时间、程序和守则

### I、目的

了解气象观测场地的选择与建立，以及仪器的布置，熟悉观测时间、程序和基本守则。

### II、原理和方法

#### (一)、观测场地的选择和建立

1、气象观测场地的选择，应注意服务方便，靠近领导并符合技术上的要求，观测场地四周应平坦、空旷，以避免小范围和

局部地形的影响，一般在山顶、山谷、陡坡、或邻近有树木丛林、高大建筑物或大的池塘、江河等都不宜建立观测场。观测场四周如有障碍物时，那么它与场地边缘的距离，至少应在该障碍物高度三倍以上。

为专业服务的气象站，观测场地应根据专业的具体要求来选<sup>择</sup>。

2、场地大小，以场地<sup>内</sup>仪器<sup>互</sup>设备不至挤<sup>互</sup>拥而相影响为原则。一般有 $25 \times 25$ 米<sup>2</sup>和 $16 \times 20$ 米<sup>2</sup>两种，视仪器的多少而定。公社气象哨的观测场地一般为 $5 \times 6$ 米<sup>2</sup>或 $6 \times 8$ 米<sup>2</sup>。

3、场地四周设高1.2米的疏木栏、竹栏或铁丝网，用来保护场内的设备，但须涂上白漆并保证空气畅通。观测场的门应开在北面。

4、场内地面应平整，铺植浅草。场内铺设必要的小路，小路宽 $0.4 \sim 0.6$ 米，中央稍隆起，以防积水。

## (二)、观测场内仪器布置

场内仪器的布置，以使仪器设备不致互相影响和观测方便为原则，为此

1、仪器应东西排列成行，南北相互交错，高的仪器安置在北面，低的仪器安装在南面。

2、仪器设备应安置在紧靠东西走向小路的南面。

3、观测次数较多的仪器，应安置在紧靠近中央小路的地方。仪器的具体布置可参考图1和图2

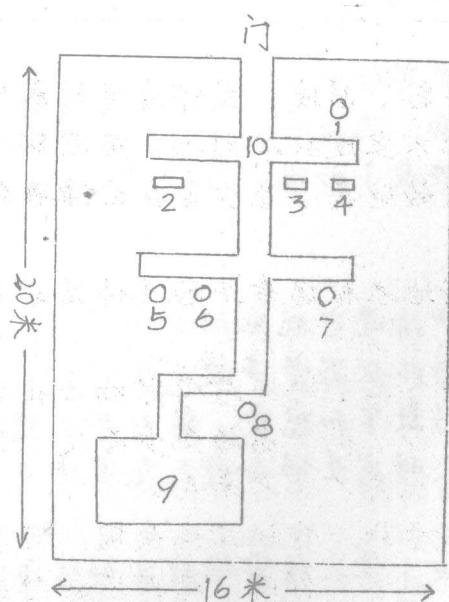
## (三)、观测场的维护

1、应经常清除观测场内的杂物，保持场内整洁，观测场内的草不要超过20厘米高。

2、应经常注意观测场及其设备的状态，如有损坏应立即修复。百叶箱、围栏、仪器支柱等应保持白色，一般2—3次。

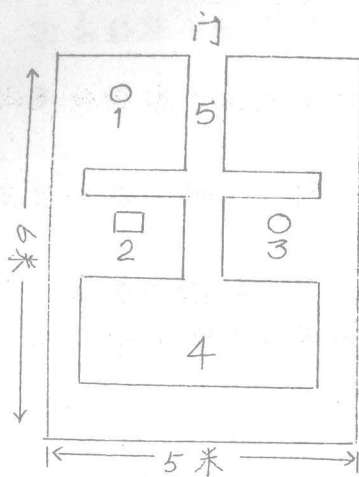
## (四)、观测的时间和程序

1、观测时间：地面定时气象观测分为每日四次制（在北京



- 1、测风仪器
- 2、百叶箱
- 3、自记仪器百叶箱
- 4、备用百叶箱
- 5、蒸发器
- 6、雨量器
- 7、雨量计
- 8、日照计
- 9、地温表场地
- 10、小路

图 1 16×20米<sup>2</sup>观测场仪器布置示意图



- 1、测风仪器
- 2、百叶箱
- 3、雨量器
- 4、地温表场地
- 5、小路

图 2

气象观测场仪器布置示意图

时间02、08、14、20时进行), 和每日三次制(在北京时间08、14、20时进行)两种。

所观测的气象要素均以北京时间20时为日界, 自记记录则以北京时间24时为日界。

2、观测程序：每次观测须按规定的程序进行。每次定时观测须在正点前半小时左右到达观测场，先巡视仪器，以防止影响记录正确性的临时事故发生。然后按表1的观测程序进行观测。一般情况下不应变动。（见表1）

#### (五)、观测员守则

1、要有高度的革命责任感，严格遵守规范和各项制度，严禁早测、漏测、缺测、迟测和人为损坏仪器等事故发生。

2、只能记载自己亲眼观测到的数字和现象，绝对禁止涂改和伪造记录。值班时应随时注意当天所发生的各种天气现象及其演变。

3、注意维护场地各项仪器设备，使之经常保持良好状态。

4、记录要整洁，用黑色铅笔记录，如发现有错误，不要涂擦，应在原记录上划一横线，然后在其右上方记上更正的记录。

5、注意读取位数，除云量、相对湿度取整数外，其余的如温度、降水、蒸发、风速等均取小数一位，如小数位为零，也要记上，不可省略。

表1 定时观测程序表

| 北 京 时 间   |       | 定时观测项目及工作                                                                            |
|-----------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 时         | 分     |                                                                                      |
| 1、7、13、19 | 约30   | 巡视仪器及观测准备工作，特别要注意湿润湿球。                                                               |
| 1         |       | 云状、云量、能见度、天气现象、风速、风向。<br>地温（地面5、10、15、20cm）气温、气湿。<br>温湿度自记记录读数并作时间记号。降水（只在08和20时观测）。 |
| 7         |       |                                                                                      |
| 13        | 40-50 |                                                                                      |
| 19        |       |                                                                                      |
| 1、7、13、19 | 56-58 | 气压、气压自记记录读数并作时间记号。                                                                   |
| 14        |       | 80、160、320cm 直管地温、压、湿、湿、风自记换纸。                                                       |
| 20        |       | 蒸发、最高和最低气温读数并调整。地面最高和最低读数并调整（在高温季节08时观测后，将地面最低温度表收回。19时30分巡视仪器时再把它放回原处）。降水自记换纸。      |
| 日没后       |       | 日照计换纸                                                                                |

（注）温度、湿度、气压、降水、风自记仪器的换纸，我省规定在每月08时进行。

### 三、地温的观测

#### I、目的

熟悉各种常用的测定土温的仪器，并初步掌握地温的观测方法。

#### II、原理和方法

测温的仪器种类很多，有液体温度表，固体温度表（如温度计），电温表（如半导体温度表）。但目前气象观测上使用的主要是各种液体玻璃温度表。

##### （一）、液体温度表的一般构造：

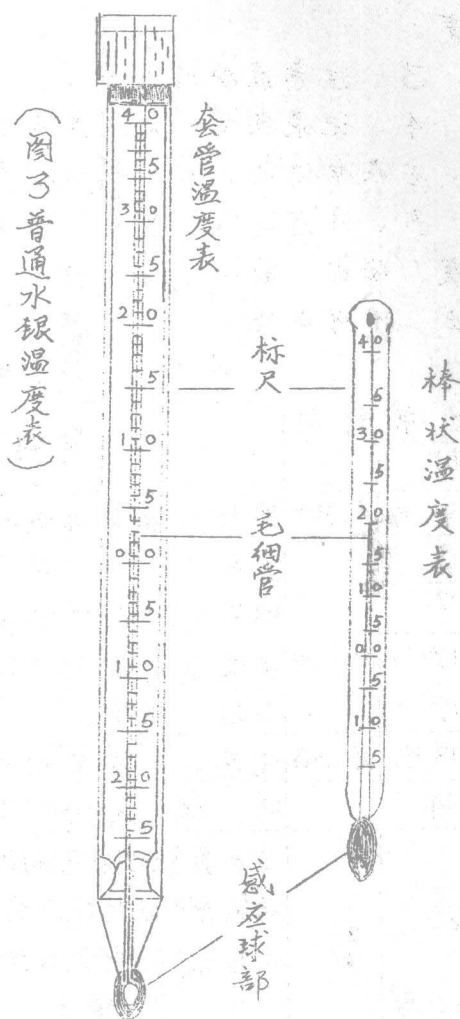
液体温度表是利用反应液（水银或酒精）热胀冷缩的原理来测定温度的。其种类很多，但构造上都大致相同。一般都可以分为感应球部、毛细管和标尺三部分。

（如图3）

1、感应球部：球部反应液体一般有水银和酒精两种。水银的物理性能较好，制成的温度表准确度较高，故气象上用的主要是水银温度表。酒精温度表由于其沸点低，高温时酒精容易挥发，不宜测定高温，但其冰点较低，故一般用以制造最低温度表和测定低温的温度表。

2、毛细管：是一根内径极细而均匀的玻璃管，其一端与球部连通，另一端封闭。

3、标尺：即刻划温标（温度读数）的地方。根据温度表构造和温标刻划方法的不同，温度表



分为两种类型(如图3)

①、棒状温度表——温标直接刻划在毛细管外部的厚玻璃管上。这种温度表容易造成视差,但造价较低。

②、套管温度表 温标刻划在封闭于薄玻璃套管内特制的白瓷板上,透过毛细管读数,视差小,但制造技术要求较高,其标尺固能不能有丝毫位移,否则产生“幌板”现象,而引起较大的误差。

温标的最小刻度,气象上常用的为 $0.2^{\circ}$ 和 $0.5^{\circ}$ 两种。

(二)、常用测定地温的温度表

1、地面温度表:用以测定地面温度,它是一支普通水银温度表。气象观测上用的主要是套管式水银温度表。

2、最高温度表:用来测定一定时间间隔的最高温度。它的构造与普通温度表不同,主要是它的球部上端处的玻璃毛细管特别狭窄,成一窄道如(图4),使水银难以从此处自由通过。温度升高时,感温球部内水银膨胀产生压力,将部分水银挤入毛细管水银柱上升,温度下降,球部水银收缩,因窄道极小,窄道玻璃管与水银之间的摩擦力很大,水银收缩时分子间的内聚力不能克服窄道处的摩擦力,故不能将已挤入毛细管中的水银“拉回”球部,水银柱便在窄道处断裂,使窄道以上的水银柱停留在原处,即水银柱仍保持其最高示度,因而水银柱顶端的示度,即表示自上一次观测调整后到这次观测时间间隔内曾出现过的最高温度。

在观测最高温度表后,应进行调整,以右手紧握温度表身中部,球部向下,然后在与水平成 $45^{\circ}$ 及与垂线成 $30^{\circ}$ 的圆弧内,将温度表前后甩动,使毛细管中的水银退回球部,直至水银柱的

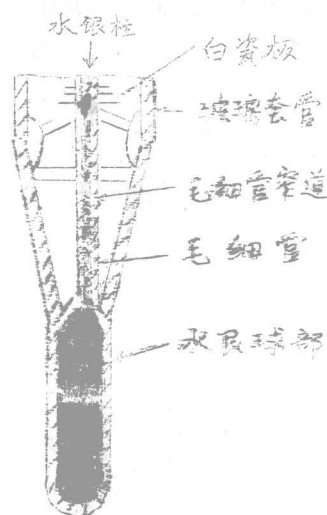


图4 最高温度表水银球部

示度接近于干球温度为止（允许误差 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ）。调整后放回原来位置时，应先放下球部，以免水银柱上滑。

3、最低温度表：用以测定一定时间间隔的最低温度。它是一种酒精温度表，其构造如〈图5〉其特点是在毛细管内酒精柱中有一个哑铃形蓝色的指标，当温度升高时，球部酒精膨胀，毛细管中酒精柱上升，但酒精是通过指标与毛细管的间隙而上升的，指标留在原处不动；当温度下降时，球部酒精收缩，酒精柱下降，到酒精柱液面与指标的前端接触时，指标受表面张力作用随着下降（即移近球部），所以指标只有下降而无上升，这样便可测出一定时间内的最低温度。

观测最低温度表后，亦需进行调整：将温度表的球部向上抬高，使指标滑至与酒精柱液面相接触为止。把它放回时，应先放顶端，后放球部，以免指标下滑。

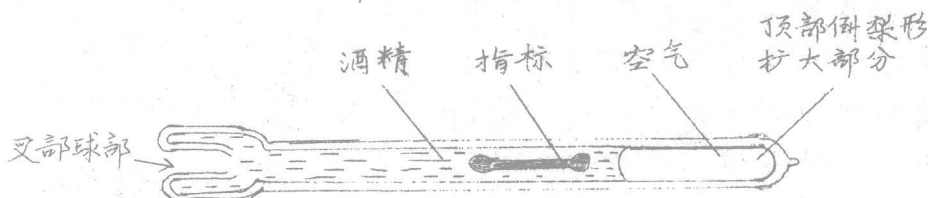


图5 最低温度表示意图

4、曲管地温表：用以测定土壤浅层各深度（分别为5、10、15、20 cm）的地中温度。它与普通水银温度表不同的只是它的管身较长，在表身下部弯曲 $150^{\circ}$ 如〈图6〉，玻璃套管下靠近球部的一段有棉花堵塞，以防玻璃管内空气对流。

5、插入式地温表：它是一支普通棒状水银温度表，装在一支中空的胶木管内，其下端接一个铜管头，在铜管内温度表周围用铜屑填满，把温度表刻度部位的胶木管处开一窗口，以便进行读数如〈图7〉，这种地温表携带方便适于流动测点。使用时将它插入所需的深度5分钟即可读数。

### （三）、温度表的器差订正

由于制造材料和制造技术上的种种原因，使温度表的示度与观测实际温度有一定的偏差——仪器误差，为了消除这种误差，将每支温度表放在各种相同温度条件进行比较——检定。

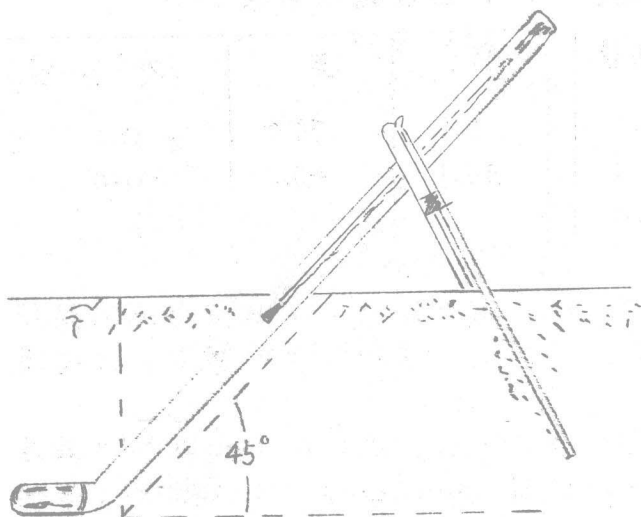


图6 安好后的曲管地温表

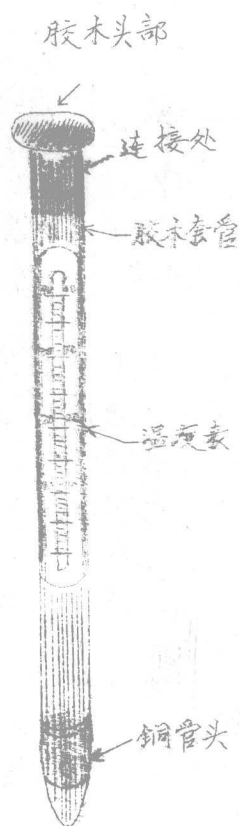


图7 插入式地温表

通过检定，得出每支温度表在各个温度范围内的仪器差值——订正值，并制成器差表，列于仪器检定证上（如表2）

表 2

中央气象局  
气象仪器检定证

干湿球温度表

第59557号

温度单位： $^{\circ}\text{C}$

1. 与标准温度表比较得出该表各整 $10^{\circ}$ 点上的仪器订正值

| 温 度 | $-60^{\circ}$ | $-50^{\circ}$ | $-40^{\circ}$ | $-30^{\circ}$ | $-20^{\circ}$ | $-10^{\circ}$ | $0^{\circ}$   |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 订正值 |               |               |               |               | +0.2          | +0.1          | 0.0           |
| 温 度 | $+10^{\circ}$ | $+20^{\circ}$ | $+30^{\circ}$ | $+40^{\circ}$ | $+50^{\circ}$ | $+60^{\circ}$ | $+70^{\circ}$ |
| 订正值 | +0.1          | +0.1          | +0.1          | 0.0           |               |               |               |

## 2. 为了便于使用订正值编成下表:

| 由     | 至     | 订正值  | 由    | 至    | 订正值  |
|-------|-------|------|------|------|------|
| -20.0 | -15.0 | +0.2 | 5.1  | 35.0 | +0.1 |
| -14.9 | -5.0  | +0.1 | 35.1 | 40.0 | 0.0  |
| -4.9  | 5.0   | 0.0  |      |      |      |

每支温度表均需经过检定, 附有检定证。气象观测应该使用有检定证的温度表; 而且, 温度表使用一定时期后, 又必须进行检定。

每次观测的读数, 都需根据该温度表的检定证进行仪器差订正。订正时, 将温度读数范围内的订正值加于读数上 (取代数和)。经过器差订正后的温度读数, 方成为正式记录。

例如用 59557 号温度表 (检定证见上表) 观测, 某时读数为  $20.3^{\circ}\text{C}$ , 在检定证上查得订正值为  $+0.1^{\circ}$ , 订正后的读数即为  $20.4^{\circ}\text{C}$ 。如温度表读数为  $-14.0^{\circ}\text{C}$ , 在检定证上查得订正值为  $+0.1^{\circ}$ , 订正后的读数即为  $-13.9^{\circ}\text{C}$ 。经过器差订正后的数值, 记在观测簿中“订正后”栏内。

## (四)、地温观测方法

## 1. 观测顺序

先观测地面温度表、地面最低温度表、地面最高温度表, (最高、最低温度表观测后要进行调整), 然后观测曲管地温表。

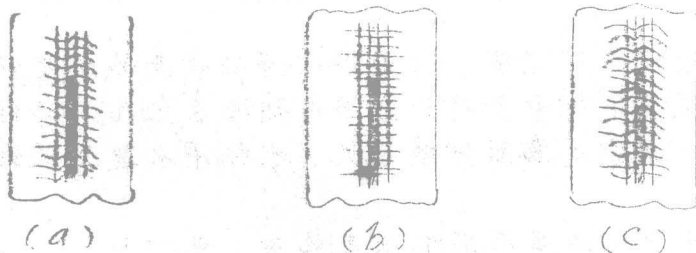
## 2. 读数方法

凡温度表的读数都要准确到  $0.1^{\circ}$ , 读数时, 视线须与水银柱或酒精柱的顶端相切, 以免发生视差, 如视线过高或过低, 都会发生读数如 (图 7)。

误差。

## 3. 观测时应注意事项

(1)、观测地面温度时, 温度表水平安置在观测地段中, 并使球部和温度表外壳埋入土中一半, 球部向东, 由北至南顺次隔  $5\sim 6\text{ cm}$ 。



a—眼睛低于水银柱顶；b—眼睛位置正确；c—眼睛高于水银柱顶。  
(图 7)

(2)、不得将地面温度表拿离地面进行读数。

(3)、观测温度表和高管地面温度表时，要站在温度表的北面，以免人影遮住温度表。

4、地面最高和最低温度只在20时观测一次，读数和记录后即进行调整。但在夏季晴天，08时应对地面最低温度表进行读数，记在当天最低温度栏内，然后把它收回，以免烈日晒而失效，到20时观测前再将它放回。（要注意进行调整）

## 四、空气温度和湿度的观测

### I、目的

了解空气湿度的表示方法：熟悉各种常用的测定气温、气湿的仪器和正确测定气温气湿的条件各仪器安置方法，初步掌握气温、气湿的观测方法和湿度查算方法。

### II、原理和方法

#### (一)、常用的测定气温、气湿的仪器

##### 1、干湿球温度表

它是由两支形状、大小、构造等完全相同的普通温度表组成。一支是干球，用来测定空气的温度。另一支球部包扎着浸湿纱布的叫“湿球”。湿球纱布充分吸水后，水分不断进行蒸发而消耗了一部分热量，于是湿球的示度低于干球示度，其差值叫“干湿差”。当空气湿度越小时，则蒸发越快，消耗的熱量越多，“干湿差”越大，反之，“干湿差”越小。根据“干湿差”的示度，就可以查出当时的空气湿度。

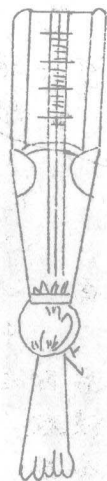
用干湿球测定湿度，必须保证湿球表面的蒸发状况良好，为此，湿球要求质量良好的纱布正确地来包扎，并经常保持纱布的清洁。通常是每周更换一次，水杯用水要用蒸馏水。

湿球 湿球纱布的质量可用下法来检查：剪下长10~15 cm，宽5~6 cm的纱布，把它一端张开固定，另一端垂入盛有蒸馏水的器皿中，经过15分钟后，如水沿纱布上升达到7~8 cm以上的，则纱布及格。

湿球纱布的包扎方法：包扎前应先洗净手，将湿球温度表夹在一本厚书中，其球部一端露出书外约8~10 cm，这样可防止温度表滚动，然后用湿的棉花团将球部揩净，再将新纱布(长约10 cm，宽为湿球球部最大处的园周长1/4倍)放在蒸馏水浸湿，取起包在湿球球部上，先用细线在球部上方将纱布扎紧，然后将纱布整理好，使它紧紧地包着球部，不要皱折。在球部下端，纱布要收拢起来，亦用细线扎好，但不要扎得过紧。包扎好的湿球如图9所示。

图9

湿球纱布包扎图



- 地面
- 2、最高温度表 (构造与最高温度表同)
  - 3、最低温度表 (构造与地面最低温度表同)

## (二)、气温气湿的观测

地面气象观测中的气温是指离地面1.5米高百叶箱内的空气温度。气温观测包括记录某一时刻的空气温度及每天的最高气温和最低气温。

### 1、百叶箱

要测得准确的空气温度和湿度，安置仪器时必须具备下列三条件。

- (1)、能防止太阳和其它幅射的直接影响。
- (2)、能防止雨水及强风的影响。
- (3)、空气必须流通。

百叶箱就是为了满足上述条件而设计制造的，所以把观测

湿度的仪器安置在百叶箱内。

百叶箱的构造如图10所示：箱的四壁是由两排薄的木板条百叶做成，木板条向外，向内倾斜与水平成 $45^\circ$ 角，箱壁一面为门。箱盖有两层，其间空气能自由流通，箱内外均涂上白漆。它有大小两种：小的用来安置干湿球温度表，最高和最低温度表；大的用来安置温度计和湿度计。

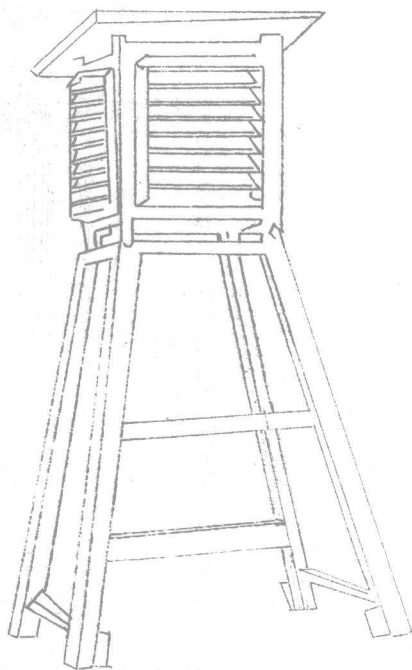


图10 百叶箱

小百叶箱内各种仪器都安置在固定的铁架上。干湿球温度表垂直安置在铁架横梁两端的铁环内，干球在东边，湿球在西边，球部离地面150cm。湿球下面悬挂一杯水，杯水距球部3cm左右。最高和最低温度表，其球部均在干球一侧如图11。

## 2. 观测方法

(1)、观测顺序：干球→湿球→最高→最低，最后调整最高最低温度表。

(2)、观测前必须检查湿部纱布的湿润情况是否良好。

(3)、读数时，不要使头部、手和灯接近温度表球部，不要对着温度表呼吸。

(4)、读数要敏捷、准确。一般先看清小数再读整数，为避免差错，读数都应复读一次。

## (三)、通风干湿表

### 1. 构造

它同样也是一对干湿球温度表，不过它安置在一个外表表镀得很光亮的套管内如图12)，以消除幅射和雨水的影响。在套管顶部接有通风装置，使通过球部的气流保持约2米/秒的恒定风速。通风干湿表既便于携带又具备能准确测定空气湿度的条

件，宜在野外调查或农田小气候观测使用。

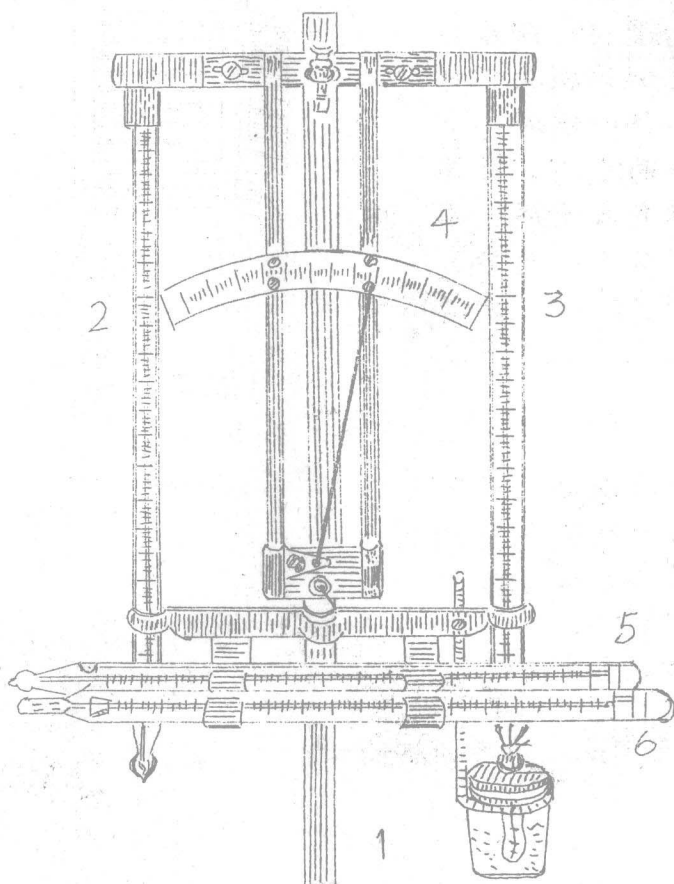


图 11 百叶箱内仪器的安装

- 1 铁制仪器架； 2 干球温度表；  
3 湿球温度表； 4 毛发湿度表；  
5 最高温度表； 6 最低温度表。

## 2. 使用方法

把仪器挂在所需要的观测高度上（观测高度是以温度表球部与地面距离为准），在仪器近旁不应有与观测无关的物体，以免影响读数的正确性。仪器安置好后，于观测前 4~5 分钟润湿球纱布，其方法是用带有橡皮囊的小玻璃管，吸入蒸馏水，管内的水面应低于管口约 1 cm，将此小玻璃管插入湿球保护管内，使湿球湿润（保持 5~10 秒钟）。最后用钥匙把风扇发条上好，进行通风。上发条时要小心，不要

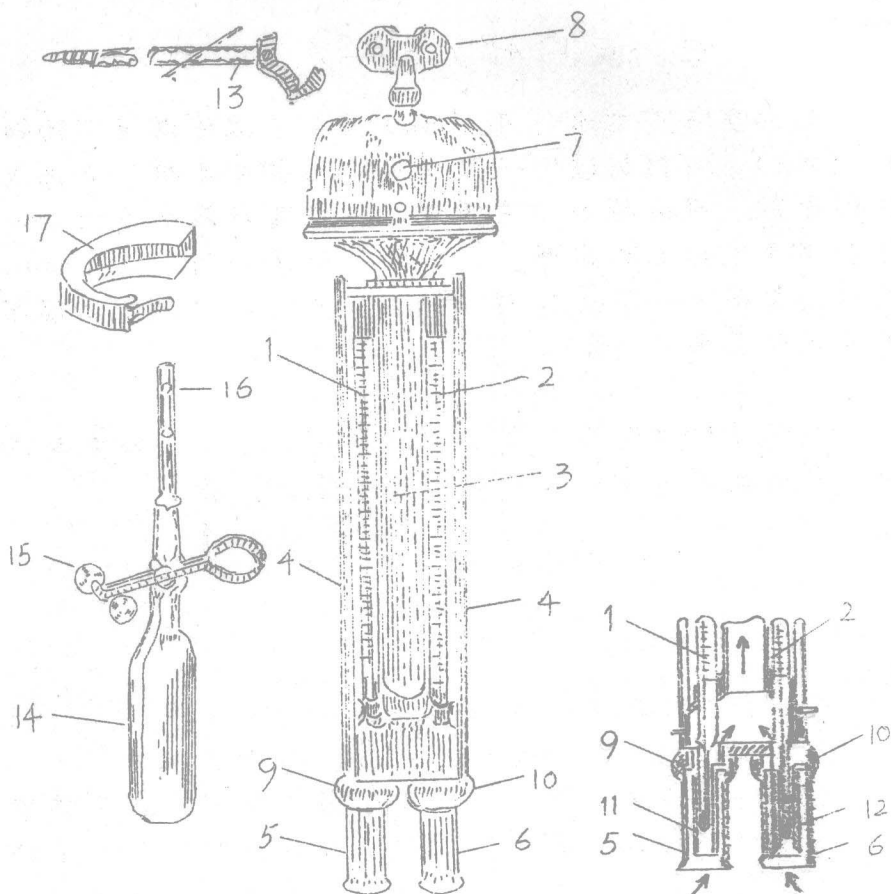
上得过紧，以免折断。

当风速  $> 4$  米/秒时，通风前将防风罩套在风扇向风一侧以免受强风影响。

通风后至湿润稳定时（约通风 4 分钟），即可读数，其方法与百叶箱中干湿球的相同，读数时应站在下风方位。

通风干湿表，是比较精密贵重的仪器，在使用中须特别注

意爱护。



图十二 通风干湿表的全貌和附件

1, 2—干球温度表和湿球温度表; 3—中心圆管;  
4—护板; 5, 6和11、12—双重护管, 7—通风器  
8—锁匙; 9和10—塑料垫圈

以下附件:

13—特制铁挂钩; 14—内装蒸馏水的橡皮管; 15—铜夹  
16—滴液管上表示贮水高度的线, 17—防风罩

#### (四)、空气湿度的查算方法

利用干湿球测定空气湿度, 是根据干球和湿球温度表的示度差——“干湿差”的大小来确定的。而干湿差的大小与蒸发速度有关, 但是蒸发速度又主要决定于当时的空气温湿度、气

压和风速。根据湿球温度表热量收支的计算就可以得到利用干、湿球示度来计算空气湿度的公式为：

$$e = E' - AP(t - t')$$

$e$  为空气中的水汽压 (mb),  $E'$  为湿球温度下的饱和水汽压 (mb), 可根据湿球从饱和水汽压表中查得,  $A$  为与风速有关的系数, 风速越小,  $A$  值越大, 在百叶箱中  $A = 0.0007947$  (相当于风速 0.8 米/秒), 用通风干湿表时  $A = 0.000662$  (风速为 2 米/秒)。  $P$  为当时的气压 (mb),  $t$  为干球温度 ( $^{\circ}\text{C}$ );  $t'$  为湿球温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

空气中的水汽压  $e$  既求出, 就可以根据它和当时的干球温度计算出空气的相对湿度  $\gamma$  和饱和差  $d$ , 即:

$$\gamma = \frac{e}{E} \times 100\%$$

$$d = E - e$$

式中  $E$  为干球湿度  $t$  时的饱和水汽压。

露点温度  $\tau$  可根据  $e$  值从专用表中查出。

在实际工作中, 并不是经常根据干湿球示度计算空气湿度, 而是利用预先根据上式计算成的“湿度查算表”, 直接根据干湿球的读数从表中查出空气湿度。气象常用表 (第一号) 湿度查算表中的水汽压  $e$  值是根据公式  $e = E' - AP(t - t')$ , 并设  $P = 10000 \text{ mb}$  和  $A = 0.0007947$  计算出来的。根据观测得到的干湿球温度和当时气压, 便可以从表中把空气的湿度查出来, 查算方法如下:

1、先在湿度查算表中找出干球温度 (排在湿度查算表的第一横行), 再在  $t'$  的纵行下找出湿球温度的数值, 在这数值的那一横行中的  $e$ ,  $\gamma$ ,  $d$  就是当时的水汽压, 相对湿度及饱和差。

(例) . 在百叶箱中测得  $t = 25.0$ 、 $t' = 21.0$ , 本站气压为  $P = 1000.4 \text{ mb}$  求  $e$ 、 $\gamma$ 、 $d$ 。

先在表中第一横行上面找到干球温度 25.0 (101页) 再在同