

# 关于雨量观测和测雨仪器

矢崎敬三

## 一、雨量观测的现状

世界气象组织 (WMO) 所属的仪器和观测方法委员会 (CIMO) 曾在 1954 年对 42 个国家的雨量观测的实际状况, 作了调查, 结果如下:

①接水面积 (接水器口径): 各国所使用的雨量器种类繁多, 接水面积大小不一, 如表 1 所示。日本一国接水器口径就有 20 厘米、14.14 厘米、11.28 厘米和 10 厘米等四种。

表 1 雨量器的接水面积

接水器口径 (厘米)	接水面积 (厘米 <sup>2</sup> )	观测国家数	主要的使用国家
11.28	100	3	比利时
12.7	127	13	英国、苏联等
15.1	177	1	
15.95	200	8	西德、瑞士、瑞典
16.9	225	1	
20.0	314	4	日本、英国
20.32	325	6	英国、澳大利亚、美国
22.56	400	3	法国、荷兰
25.22	500	12	澳大利亚、苏联
29.9	700	1	
35.71	1,000	1	瑞典

②雨量器接水口离地面的高度: 各国取法也不同, 从 30 厘米到 150 厘米不等, 如表 2 所示。

表 2 雨量器接水口离地面的高度

高 度	观 测 国 家 数
30 厘米	8
40 厘米	1
45 厘米	1
50 厘米	2
75 厘米	2
1 米	13
1.50 米	5
1.75 米	1
2.50 米	1

③关于防风圈的使用: 正式使用防风圈的国家几乎没有, 实际情况如表 3 所示。日本在山岳地区设立的无线电遥测雨量计上使用了防风圈。

表 3 防风圈使用情况

经常使用防风圈的国家数	4
在某些观测站使用防风圈的国家数	7
不使用防风圈的国家数	31

④雨量器离障碍物的距离: 仪器安装地点离四周障碍物的距离为障碍物高度的 1—4 倍, 如表 4 所示。日本认为: 地面观测以  $d \geq 4h$  较为理想。

表 4 雨量器离障碍物的距离

$d \geq h$	7 个国家
$d \geq 2h$	14 个国家
$d \geq 3h$	1 个国家
$d \geq 4h$	1 个国家
尽可能远	1 个国家
没有说明	6 个国家

$d$ , 雨量计和障碍物之间的距离  
 $h$ , 障碍物的高度

## 二、标准雨量器

由于各国的雨量器类型不一、安装方法不同, 这就使相邻各国之间在国界上的等雨量线出现了不连续的现象。为了能对不同雨量器 and 不同安装方法所产生的影响作出估计, 并对各国的雨量观测资料进行比较, WMO 的 CIMO 在第一届会议上建议, 把附有蜀葵型防风圈的

“斯诺登 (Snowdon) 雨量器” 定为 “暂定标准雨量器” (图1、图2)。

从1963年到1965年，有27个国家的48个测站用此标准雨量器作了对照观测。1967年6月，降水观测工作委员会归纳了各国的对照观测结果，并提出了一份报告，指出：雨量器所测定的雨量过于偏少，主要是受到风速、气温、湿度以及日射等因素的影响。

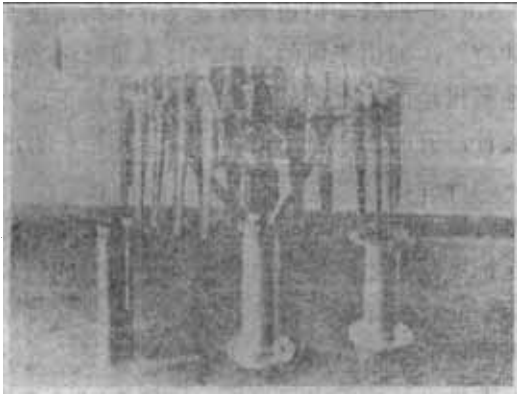


图1 斯诺登雨量器

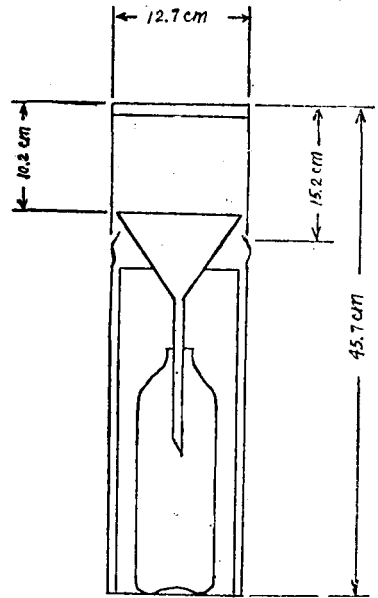
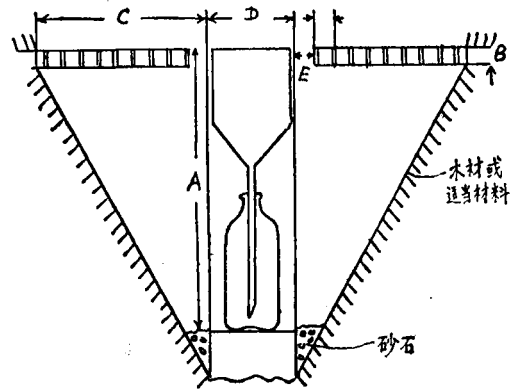


图2 斯诺登雨量器的结构尺寸

由于在观测中受到这些因素的影响，特别是受到风的影响，加之，各国的雨量器以及暂定标准雨量器在安装时，接水口都离地面有一定的高度，这从水文学角度来说，所测得的数值也是不理想的。所以，CIMO 第五届会议(1969年)上又提出了一个新的方案，即建议试用在地面测定雨量的方法，进行比较观测。在这一方案中，确定以“竖坑雨量器”作为新的暂定标准雨量器(图3)。这种雨量器，就是把“斯诺登雨量器”按图示尺寸置于一个竖坑中，在地面上接水。



$$A = 45.7 \text{ cm} \quad B \geq 5 \text{ cm}$$

$$C \geq 60 \text{ cm} \quad D = 12.7 \text{ cm} \quad E \geq 5 \text{ cm}$$

图3 竖坑雨量器

CIMO 要求在使用新的标准雨量器时，用地要满足下列条件：以雨量器安装地点为中心的半径30米范围内地势平坦；不存在足以扰乱安装点上流场均匀性的森林、建筑物之类的影响；观测仪器离周围障碍物的距离，至少为障碍物高度的4倍以上，尤其在盛行风向方向，可能的话，应为10倍；竖坑不会形成水塘等。

35个国家的85个测站参加了这一新的比较观测。到1972年8月，已有8个国家提出了初步观测报告。从这些国家的比较结果可知，相对于新的标准雨量器来说，各国雨量器的接水率在0.932—1.137之间，平均为0.983。CIMO 第6届会议(1973年)已提出建议，要把这一比较观测继续进行下去。

### 三、雨量器的误差

应用雨量器进行降水观测时，产生误差的原因有：风、蒸发、降水飞溅、凝结、观测仪器的倾斜和变形、以及由观测人员产生的误差等。

#### 1. 风

风是产生误差的主要原因。根据杰文斯 (Jevons) 1861年把雨量器安装在不同高度上所作的研究，确认了风的影响，称之为“杰文斯效应”，即由于风的影响，接水量将随着接水口的高度增加而减少。这是因为：接水口高高地露出地面，上部的气流在风的影响下，产生涡流。为了消除这一影响，不少学者作了各种设计，有的在雨量器的周围装上栅栏；有的在雨量器的周围砌上墙；有的给雨量器附加了防风圈等等。

即使使用了防风圈，接水口位于地面上某个高度，同位于地面上的雨量器相比较，所获得的雨量仍然偏小。苏联曾经在两个测站用暂定标准雨量器同接水口位于地平面上的雨量器连续进行了五年的比较观测，据斯特鲁泽 (Struzer)、费多罗夫 (Fedorov)、波格丹诺夫 (Bogdanov) 1968年发表的文章，暂定标准雨量器的接水口离地面1米时，由于空气动力学的影响，系统地显示了测值偏低。对于暂定标准雨量器的接水口来说，风速为3米/秒、中等强度的降水时，误差约占总雨量的15%；风速8米/秒以上、小雨时，误差达50—60%；风速3米/秒以下、大雨滴时，误差降低到8—10%。

要消除风的影响，最理想的是用竖坑雨量器的办法来解决，即把雨量器置于一个浅坑中，使其接水口的边缘与地面取齐。雨量器和浅坑的侧壁之间的空隙，用不会使降水飞溅的材料充填。

#### 2. 降水飞溅

雨量器有时会接到来自周围的溅水，已接到的降水也会从接水口溅出。把接水器加深并把断面做成特殊的形状就可以减少溅出，不过要解决溅入却比较困难。

为防止竖坑式雨量器周围溅水，布雷克 (Break) 在1945年曾试用过金属格，温特 (Winter) 和施坦希尔 (Stanhill) 在1959年试用过棕垫，安德森 (Anderson) 在1964年试用过金属网，水文研究协会 (WRA) 在1964年试用过百叶箱式条板作为防溅圈。罗达 (Rodda) 在1967年

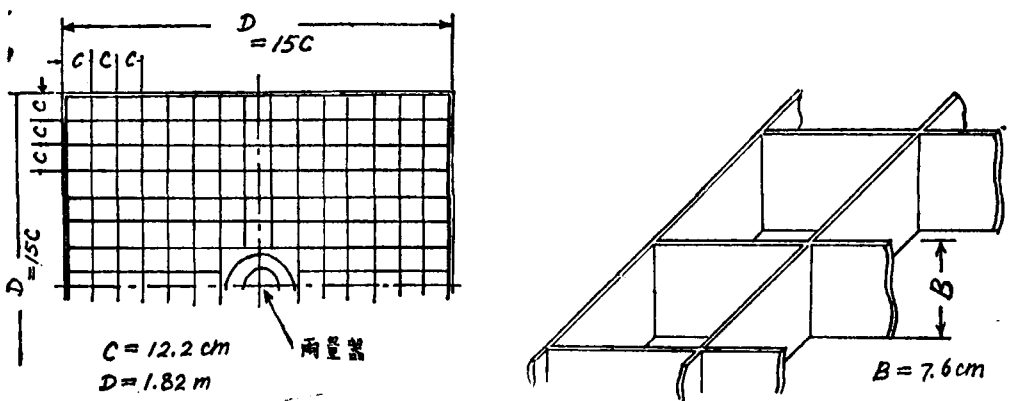


图4 竖坑式雨量器所使用的防溅圈

根据在布莱斯戴尔 (Blesdale) 雨量器上使用竖坑雨量器的防溅格的实验,证实了无论从防溅格上还是从地面上都消除了溅水。斯特鲁泽和雅科夫等人 (1968年) 认为,把雨量器安装在直径为 1 米的防溅区的中心,并围以草坪,几乎可以完全消除由溅水引起的误差。图 4 所示为罗达给标准竖坑式雨量器所设计的防溅圈。

如上所述,附有防溅圈的竖坑式雨量器能最理想地消除风的影响。不过,这对一般雨量观测来说,实行起来有些困难。

### 3. 蒸发

奥斯汀 (Austin) 在 1949 年、尼契耶夫 (Nechyev) 在 1965 年研究了由于附在接水器上的雨滴或雨量器内收集的雨水受蒸发影响而造成的误差,建议采用斜度大的塑料接水器和细颈储水瓶,并在储水瓶内加进一定数量的油。

在 WMO 的观测指南中,则规定通过下列措施来减少由蒸发引起的误差:

- (1) 接水器的接水面要加工得很光滑;
- (2) 接水面要经常擦拭、保持清洁;
- (3) 雨一停止,就立刻测定雨量;
- (4) 储水器要用窄口玻璃容器 (但气温到了零下时,不能再用玻璃容器);
- (5) 使接水器的漏斗的管稍伸到储水器的底部;
- (6) 把储水器置于坑中。

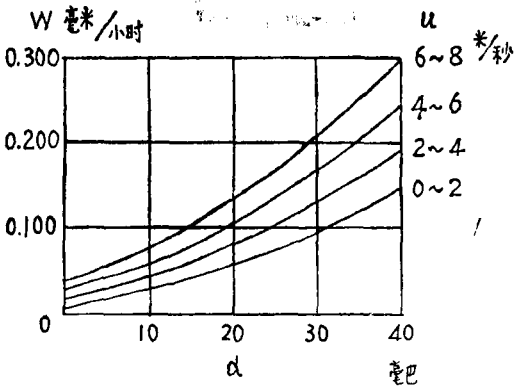


图 5 由特烈奇雅柯夫雨量器得出的水汽压、风速与蒸发量的关系

据戈鲁别夫 (Golubev) 1960 年的文章以及尼契耶夫等人在 1968 年发表的文章,苏联最近所进行的调查表明,特烈奇雅柯夫 (Tretyakov) 雨量器夏季中午 12 时的蒸发量在 0.2 毫米到 2—3 毫米之间。由蒸发引起的雨量损失中,最重要的气象要素是风、气温、水汽压和辐射。通过大量的研究工作,得出了表达蒸发量与这些要素之间的关系经验公式。图 5 所示,是关于水汽压、风速和蒸发量之间的关系的实验结果。

### 4. 浸湿仪器所造成的误差

降水开始时,由于雨水浸湿接水器而引起的误差,除随雨量器的种类不同而有变化外,据尼契耶夫 1965 年的工作,此误差也随降水量的不同而有差别。不过,这一误差很小,各种雨量器的误差,可以按一个确定的订正值来加以订正。在苏联的水文气象业务中,对于总雨量在 0.1 毫米以下时,订正值取 0.1 毫米;总雨量在 0.1 毫米以上时,订正值取 0.2 毫米;而对于暂定标准雨量器,则不管降水量多少,订正值一律取 0.1 毫米。这种误差,一般是每降一次雨就订正一次。

### 5. 由尺寸引起的误差

关于接水量因接水器口径的大小而引起的误差,有着种种论述。有人作过实验,结论是:口径过小时,接水量有偏小的趋势。

## 6. 由安装引起的误差

雨量器的接水器必须水平，若安装不当使接水器发生倾斜，也会引起误差。接水口倾斜 $8^\circ$ 时，接水面积的变化约为1%。这一倾斜度用水准仪很容易检查出来，所以只要安装时注意，这个误差是能够避免的。

对于翻斗雨量计来说，由于安装向翻斗的翻倒方向倾斜时，就会产生误差。如向左侧倾斜，则在左翻斗产生负误差，右翻斗产生正误差。由于左右翻斗交互翻倒。所以翻倒两次的误差比每次翻倒产生的误差要小。据矢岛幸雄 1953 年的文章，在倾斜 $1^\circ$ 时，每翻倒两次，误差约为+2%。

## 四、各式雨量仪器概述

### 1. 雨量器（计）

测雨仪器按其结构，大致可分为：指示雨量器和自记雨量计两类。

指示雨量器由接水器、储水槽及指示器组成。储水槽内的降水，用雨量杯或降水天平测量，需由观测人员来读取。这种雨量器没有机械运动部分，所以可以很方便地象竖坑雨量器那样置于竖坑中使用。

自记雨量计由浮子、天平等直接自动记录从接水器引出的降水，或在降水每达一定数量时使之发出一个脉冲，进行远距离自记测量。在自记雨量计中，有早就开始使用的虹吸式自记雨量计，而目前正在广泛使用的是翻斗式雨量计。翻斗式雨量计便于遥测，结构也较简单。

#### ① 翻斗式雨量计（图 6）

目前所使用的翻斗式雨量计有：接水器口径 20 厘米，每倒一次为 0.5 毫米；口径 14.1 厘米，每倒一次为 1 毫米；口径 10 厘米，每倒一次为 1 毫米等几种规格。

最近，正在使用镀有金属的合成树脂制作的翻斗，以求翻斗轻量化及大量生产。

翻斗雨量计的主要优点是：易于实现远距离记录、数字计数及遥测。缺点是：a) 翻斗翻倒的时间虽然很短，但总需要一定的时间，在翻倒过程的前半部分，雨水继续在注进漏斗，这在大雨的情况下就会引起误差。此误差的大小，与降水强度和翻斗翻倒过程的时间有关(图7)。b) 翻斗式雨量计所作的雨量记录，在本质上是间歇性的，所以不适合于记录微雨或小雨，不能正确地判断降水的开始和终止时刻。

#### ② 重量式雨量计

这种雨量计是用弹簧秤装置或天平装置连续地把储水器和降水重量之和记录下来。这种雨量计，必须设计得能够防止蒸发损失。在水面上加进厚 2 毫米的油层，可防止蒸发损失。

重量式雨量计的优点是：除记录雨量外，还能把雪、霰、雨夹雪等在其溶化前就直接记录下来。



图 6 翻斗式雨量计

## 2. 降水强度计

降水强度计大致可分为两种：

### (1) 记录短时间内降水的降水强度计

这类降水强度计一般用来测量中等降水强度或弱降水强度。

日本目前正在使用的降水强度计（图 8）是一种改进了的滴水式降水强度计。如图 9 所

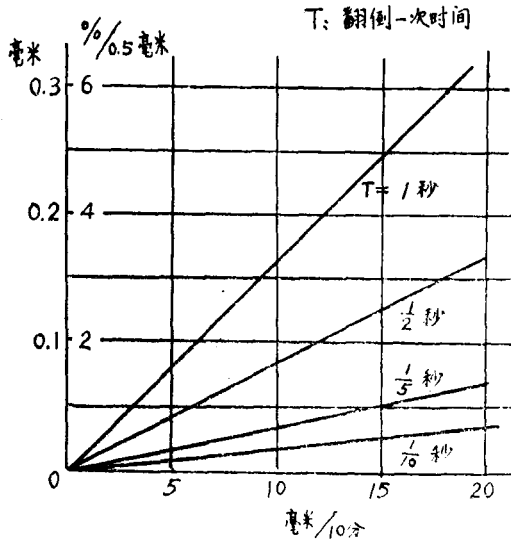


图 7 降水强度对翻斗的影响

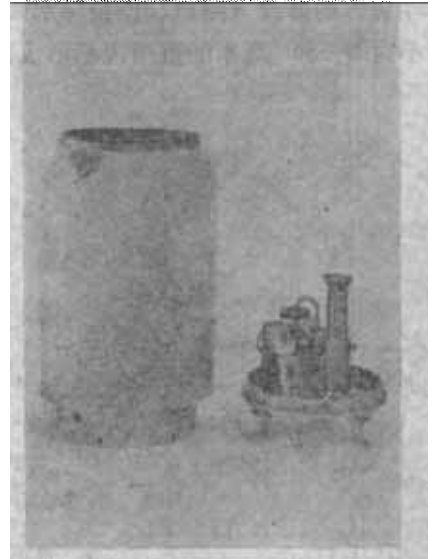


图 8 降水强度计(附温水式融雪装置)

示，降水从接水器流进小储水器，通过虹吸管，并借虹吸管端部的管嘴形成水滴进入油槽，再利用光电方式，以每分钟为单位对此水滴计数并进行自记。一个水滴的体积（与此相当的降水量），系根据管嘴的口径及所使用的油类来确定。每分钟一个水滴与每小时 0.5 毫米的强度相当。随着降水强度的变化，水滴的大小多少会发生一些变化。所以，不能用来兼测雨量。

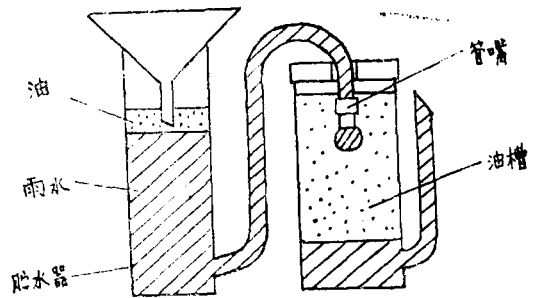


图 9 降水强度计的构造

英国研制的降水强度计，是在接水面积为 150 厘米<sup>2</sup>、高出地面 30 厘米的接水器底部开一小孔以形成一定大小的水滴（每一水滴相当于 0.005 毫米），并对水滴进行光电计数。对于这种降水强度计来说，每分钟 12 个水滴相当于每小时 3.6 毫米的中雨。

### (2) 记录瞬时降水的降水强度计

一种型式是降水由接水器流进与底部小孔相连的浮子室，浮子室内的浮子随着浮子室内的水位而浮起，记录浮子的位置，就能连续地测知瞬时降水强度。但刻度不能做成等间隔的。

另一种型式是森普拉克 (Semplak) 在 1966 年所研制的电容式降水强度计，其结构如图 10 所示。当降水流过作为平行极板的两块铜板构成的水槽时，随着降水流量的改变，平

行极板的电容也随之改变，把电容的变化变换成调频信号，并通过电话线来传送。这种降水强度计的优点是：应答速度快，电气结构及机械结构简单，电力消耗少（约1瓦）。缺点是：由于振荡器的温度所造成的不稳定，降雨强度弱时，精度不好；由于接水器的底部材料是塑料，当降水强度弱时，成水滴状下落，随着降水强度增大，此现象可消失，但其迁移界限不能确定；易于污损，且难以清除，一旦污损后，就会改变流动的性状等等。

塞伯尔（Seibel）在1972年对森普拉克降水强度计的机械结构作了改进，通过对接水器漏斗底部的修改（图11），使得降水强度即使达到每小时40—120毫米也不会产生乱流，而在每小时0—800毫米的范围内都形成层流。水槽部分涂上一层白色涂料，以形成光滑的润湿

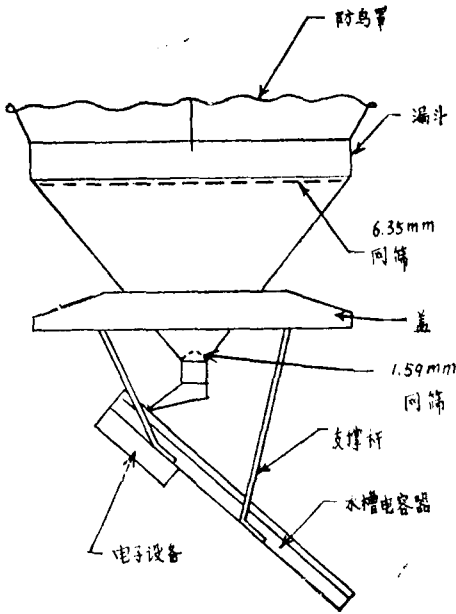
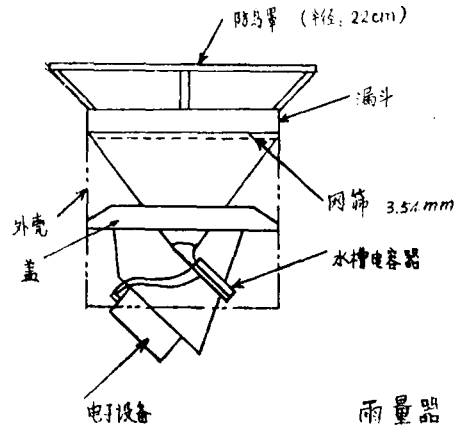
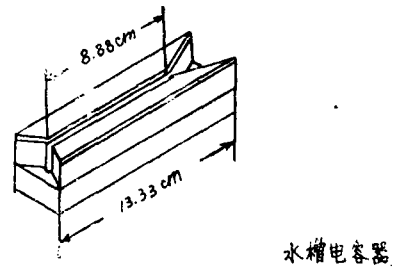


图10 森普拉克电容式降水强度计



雨量器



水槽电容器

图11 塞伯尔电容式降水强度计

面。此外，还用射频（RF）电桥回路，在电桥的一边，由降水流量加进可变容量。每小时0—800毫米的范围内，电容的变化范围是5—84微微法。

### 3. 感雨器

感雨器可测定降水开始和终止时刻或降水的大致情况。其原理是，雨滴落进两条平行导线之间使导线短路，从而发出电讯号。

#### ① 圆板型感雨器

图12是日本研制的圆板型感雨器。圆板直径200毫米，圆板上的两条平行导线被制成螺旋形印刷电路。当雨滴使平行导线短路，就产生电讯号；与此同时，在印刷电路板下面的电热线上的电压升高，使印刷电路板基板上的雨滴蒸发。导线的宽度为0.6毫米、导线的间距



图 12 圆板型感雨器

为 1.2 毫米，而两导线之间的间隙为 0.6 毫米，能够测出直径不小于 0.5 毫米的雨滴。

这种圆板型感雨器的缺点是：要对印刷电路板下的电热线加低电压预热基板，以使感雨器对露霜等不敏感；在二重螺旋形导线基板上，只要有一处出现断路，其前面的部分就失去了功用。目前已作了改进，改为对向梳型印刷电路基板。

### ② 简易型感雨器

如图 13 所示，这种感雨器是由缠有珐琅电阻的金属板和围在金属板外面并与金属板保持一定距离的金属丝组成（金属丝与金属丝之间也保持一定的距离）。当雨滴落进金属板与金属丝之间并使之短路时，产生电信号，同时把珐琅电阻作为电热体，使雨滴蒸发。

不论是圆板型还是简易型感雨器，如果在金属导体上通上极性一定的直流电，则由于电解作用，金属要产生电蚀，所以，要使极性交替。

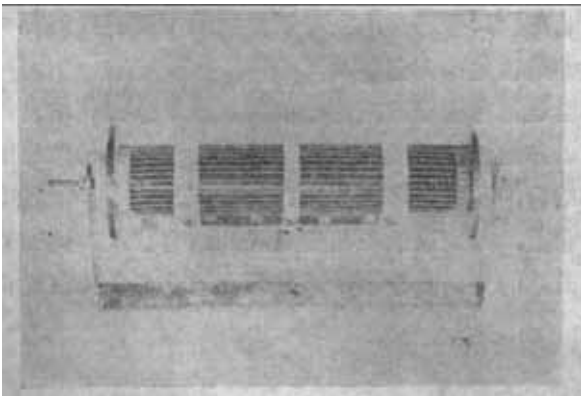


图 13 简易型感雨器

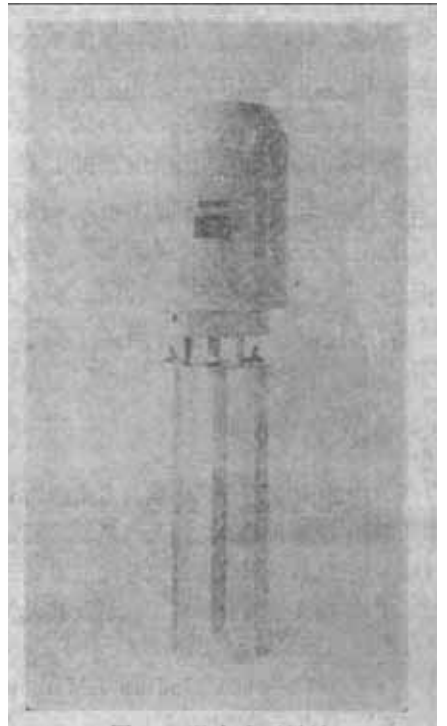


图 14 温水式雨量计

## 五、关于雨量计的防冻、融雪装置

### 1. 雨量计的防冻

为防止翻斗型雨量计、虹吸式雨量计或降水强度计中留存的降水发生冻结而造成损坏，可以装上弧状灯泡（管）或外套加热器和恒温器。

### 2. 融雪装置

融雪装置应具备下列条件：

- ①即使在降雪强度比较大时也能充分地融解降雪，
- ②在降雪强度比较小时，由蒸发产生的误差应比较小，

③不会因安装了融雪装置而由于热对流等因素，使接受降雪受到影响。

过去曾试验过许多方法以满足上述必要条件，主要是使用某些加热器并加上一套温度控制电路，力求对仪器中的积雪均匀加热，并使融雪装置有比较大的热容量。

在加热器方面，曾试用过带状加热器、片状加热器、外套加热器等。1971年，山本寿雄做过把上述加热器用于雨量计的配合实验。根据山本的实验结果，在雨量计的接水器周围设一温水槽所构成的“温水式”似乎比其它方式更接近上述条件。图14所示为带有温水式融雪装置的翻斗型雨量计。关于温水的温度，实验结果表明，大体上是以 $5^{\circ}\text{C}$ 为宜。这一温度，随不同场所的不同雪质、不同气温或不同降雪强度而应略有差别。

(秋人摘译自日本《天气》1974年第1期《关于雨量计》 邦安 校)