

# 66型虹吸雨量计的特点

于治信

虹吸雨量计，至今仍是被广泛采用的一种自动连续测量雨量的基本仪器。目前我国所使用的多为 $314\text{cm}^2$ 和 $500\text{cm}^2$ 口面积的虹吸雨量计，它们的结构相仿，均为 $10\text{mm}$ 雨量虹吸一次，性能也基本相同。它们在测定小雨量( $<10\text{mm}$ )时效果很好，但在暴雨或大雨时，误差大，故障多。例如1975年8月河南的特大暴雨，泌阳县林庄雨量站8月7日雨量达 $1005.4\text{mm}$ ，而用 $314\text{cm}^2$ 虹吸雨量计测得只有 $902.8\text{mm}$ ，其相对差达 $10.2\%$ 。其中有6小时内降雨 $679.5\text{mm}$ ，雨量计相对差达 $11.3\%$ ，且记录模糊成片，时间线被掩盖不清，要用放大镜方能勉强识别。对这次历史上罕见的特大暴雨，有不少站由于上述原因或仪器故障，没有取得完整连续的雨量资料。

为了适应雨量的观测和服务的需要，66型虹吸雨量计先后经天津气象海洋仪器厂和天津第二气象仪器厂的努力研制成功，通过一些台站多年试用，反映良好。

66型虹吸雨量计(以下简称雨量计)的主要优点是：仪器误差较小，故障较少，大雨强降雨时记录曲线清晰易辨，整机小巧轻便。此外，由于结构上的改进，也更便于观测人员进行安装、观测、调正和维修。

## 一、能较准确地记录出各种雨量

为了既能较准确地记录各种雨量尤其是大雨量，又不使仪器过于复杂庞大，就必须合理地增大每次虹吸雨量和缩小承雨口面积。

在同一虹吸雨量的条件下，承雨口面积愈大，则虹吸时间愈长，虹吸误差也就愈大。如承雨口面积为 $500\text{cm}^2$ 时，每次虹吸雨量 $10\text{mm}$ 的虹吸时间规定 $\leq 20$ 秒，而承雨口面积为 $314\text{cm}^2$ 时， $10\text{mm}$ 的虹吸时间规定 $\leq 14$ 秒。这在大雨时，随着降雨强度增大，就会使记录曲线愈陡、愈密而不易辨认，且单位时间内的虹吸次数愈多，虹吸误差也就相应地愈大。

国际上各种雨量器的口面积采用 $78.5$ — $1000\text{cm}^2$ 不等，较多的国家采用 $127$ 、 $200$ 、 $500\text{cm}^2$ 等几种。不同承雨口面积在不同降雨强度下的理论误差如图1所示。从图上曲线变化可以看出，在相同降雨强度下，其误差随承雨口面积的减小而增大，当口面积小于 $20\text{cm}^2$ 时，其误差将骤增。对于每小时 $60\text{mm}$ 雨强来说，口面积为 $500$ 、 $314$ 、 $100$ 和 $50\text{cm}^2$ 时， $100\text{mm}$ 雨量的误差分别为 $0.18$ 、 $0.22$ 、 $0.41$ 和 $0.54\text{mm}$ 。由此可见，尽管

各承雨口面积的大小差异很大，但当其 $\geq 50\text{cm}^2$ 时，误差间的差值却是较小的。通过对 $50$ 、 $100$ 与 $314\text{cm}^2$ 雨量器的实际对比观测试验，也证明了这一点。

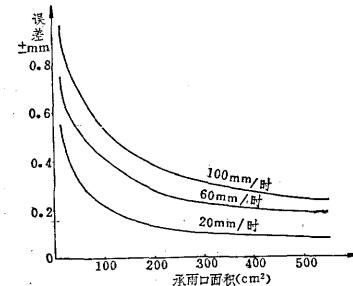


图1 不同雨强口面积与测雨误差的理论曲线

为了大幅度减小仪器误差中的虹吸误差这个主要因素，并保证记录曲线连续和清晰，所以雨量计选用：承雨口面积为 $100\text{cm}^2$ ；每次虹吸雨量为 $50\text{mm}$ ；虹吸管虹吸时间 $\leq 20$ 秒；自记纸雨量刻度单位为 $1\text{mm}$ ；浮子截面积为 $44.5\text{cm}^2$ ，使摩擦误差小于 $0.1\text{mm}$ 雨量；并以玻璃棒补偿浮子室截面差等条件，使雨量刻度差不大于 $0.2\text{mm}$ 雨量等技术性能参数。

一般说来，各地区日降雨量小于 $50\text{mm}$ 的降雨次数，约占全年总降雨次数的 $90\%$ 左右，因此雨量计在全年绝大部分工作时间中，由于没有虹吸作用，也就没有虹吸误差和虹吸故障了。当降雨强度大、雨量又大于 $50\text{mm}$ 时，与每次虹吸雨量为 $10\text{mm}$ 的雨量计相比，虹吸误差只有后者的 $1/5$ 。对全年总降雨量来说，其虹吸误差就更小了。例如河北静海1974年6—9月用雨量器测得雨量为 $477.9\text{mm}$ ，而这种雨量计的记录雨量为 $470.8\text{mm}$ ，相对差为 $1.49\%$ ，其中3次有虹吸的较大雨量为 $241.3\text{mm}$ ，雨量计记录雨量为 $237.6\text{mm}$ ，相对差为 $1.53\%$ 。

从雨量计的记录曲线上，可比较容易地计算和确定总降雨量、每小时和每10分钟降雨量(雨强)，以及最大雨强的时间位置。记录曲线如图2所示。

## 二、很少出现虹吸故障

为了有效地减少虹吸故障，除了把雨量计的每次虹吸雨量增大到 $50\text{mm}$ ，使全年的虹吸次数只有 $10\text{mm}$ 虹吸一次的 $1/10$ 外，对常用玻璃虹吸管的结构作了如下改进：

如图3所示，虹吸管是按细管、中管和粗管的顺序扩展连接而成的。

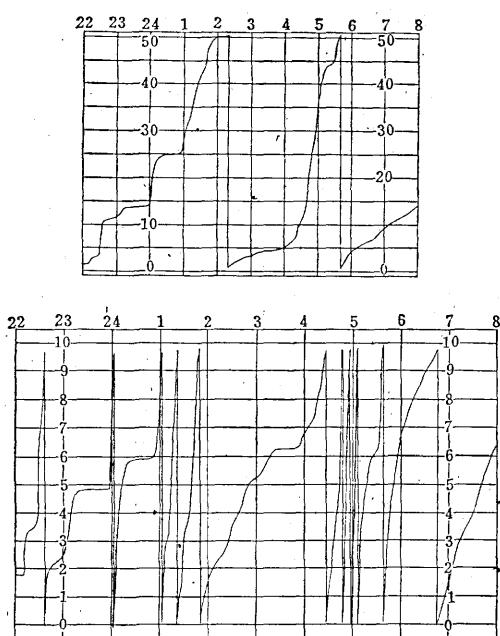


图2 同时间两种雨量计记录曲线比较图  
(上图为每次虹吸50mm, 下图为每次虹吸10mm)

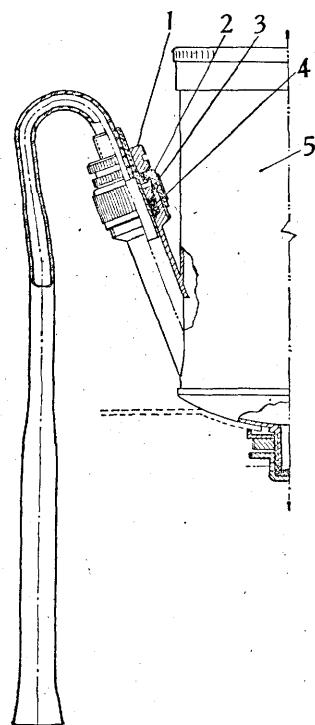


图3 三段式虹吸管的装封及微调结构图

1. 在满足对雨量计虹吸点不稳定性的规定的条件下，缩小弯曲细管的内径和增加其壁厚，以便于加工使弯曲细管管道均匀、圆滑、呈正圆形，从而减小溢流的可能性。

2. 缩短细管段的长度，相对减小虹吸水流阻力，以部分减少由于细管管道缩小使水流阻力增大所导致的虹吸时间增长量；同时这也使细管内的遗留液柱在虹吸前推入并扩散在中管之中，从而消除由于细管遗留液柱所导致的虹吸提前。

3. 由细管逐渐扩展过渡到较粗的中管，再由中管逐渐扩展过渡到更粗的粗管，减小虹吸水流阻力，以缩短虹吸时间及补偿由于细管管道缩小所导致的虹吸时间增长量；同时，在虹吸开始到终了过程中，可克服在虹吸管扩展段或在粗管出水口处，由于出现液柱破裂及液柱回返所导致的虹吸时间过长和虹吸中止。

4. 在保证虹吸管溢流可能性小的条件下，与细管管径及其长度相配合，分别相应合理选定中管和粗管两者的管径及其长度，使之既不容易产生液柱破裂、回返和遗留，又能使虹吸时间控制在15—19秒的范围内。

5. 为不使在中管或粗管末端存在有遗留液柱，克服由此所导致的虹吸提前，分别把中管上部一段弯曲曲倾斜呈10°角，把粗管末端逐渐扩展呈喇叭状。

三段式虹吸管细管内径4.9—5.5mm，外径7.9—8.4mm，细管弯曲段的曲率半径12mm，中管内径6.5—7.1mm，壁厚0.8—1.2mm，粗管内径9—10mm，壁厚1.1—1.6mm，粗管喇叭口外径为17—19mm；虹吸管总高度为300mm。

此外，台站使用虹吸雨量计时，由于虹吸管进水金属套管与浮子室出水管装封不严或密封失效，往往引起在虹吸过程中使空气进入虹吸液柱中，而导致虹吸时间过长和虹吸中止等故障。为克服这种缺陷，雨量计采用了如图3所示的装封、调整机构。

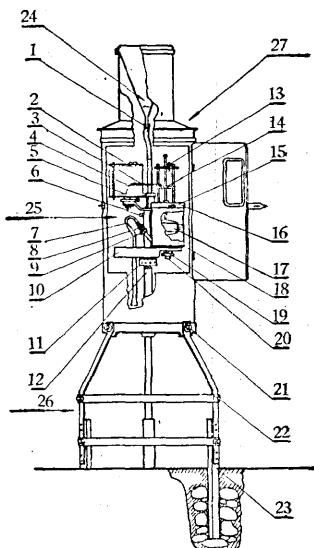
在降雨条件下，当虹吸雨量计虹吸管液柱面接近或达到弯曲管管道最高点，将处于不稳定状态时，雨强愈小，液柱面上升移动愈慢，出现溢流的可能性就愈大些。在相同雨强下，50mm比10mm虹吸雨量计，前者的液柱面上升移动速度要慢5倍多。因此，前者出现溢流的可能性就比后者大的多。为强迫增加虹吸管液柱面接近于虹吸点时的上升移动速度，补偿上述溢流的可能性，和便于计算雨量，使自记纸上各条50mm记录曲线顶端截止在同一50mm刻度线上，在浮子导杆支架上专门设计附加了一个调整定位螺钉。可用这个螺钉把浮子和自记笔尖调整止动在50mm虹吸点的高度位置上（调整时，须首先调整虹吸管虹吸点的高度，使其稍高于50mm刻度线0.1—0.3mm）。

通过对三段式虹吸管的选择试验和多年来台站对

雨量计的试用表明，这种虹吸管出现虹吸故障是很少的。

### 三、便于安装、调整、维修和使用

为便于安装、调整、维修和使用，在结构上做了一些改进（参阅图 4）。



1. 导水管 2. 自记钟 3. 笔架 4. 自记笔尖 5. 自记纸 6. 阻挡螺钉 7. 虹吸管 8. 调整螺母 9. 封闭螺母 10. 主机座盘 11. 手紧螺母 12. 中心支柱 13. 定位螺钉 14. 笔架托 15. 手固螺母 16. 浮子筒盖 17. 浮子 18. 浮子筒 19. 手固螺母 20. 排水螺母 21. 固定螺钉 22. 固定螺钉 23. 木桩 24. 承水器 25. 主机 26. 三角支架 27. 筒壳  
图 4 66型虹吸雨量计示意图

#### 1. 调整雨量计虹吸点高度和笔尖基点位置方便。

雨量计虹吸管（7）金属螺纹套管与浮子筒（18）出水管的衔接，是用封闭螺母（9）旋压管腔内的密封胶圈来封闭严密的，并可通过旋转调整螺母（8）来调整虹吸点的高度。它既可微调，又可固定，调整或装卸起来较为方便（详见图 3）。

虹吸后的基点位置，可调动笔架托（14）进行粗调，平常可随时方便地通过旋转浮子筒盖（16）进行微调。

为保证降雨强度记录的准确性，自记笔尖（4）上下的记录垂直线与自记纸（5）的时间标线应相互平行。若不平行度超过 1/5 格时，可旋松浮子筒下的固定螺母（19），按照与自记笔的垂直面方向，来调整浮子筒与自记钟（2）的两者轴向的平行位置，使记录垂直线同时间标线相平行或近于平行。

在进行上述调整或使用过程中，欲使笔尖位置向下调到任意雨量的刻度示值时，可通过旋松浮子筒下

的排水螺母（20）来调整。浮子筒里的水也可通过这个螺母，把水排泄干净。

凡是对需要调整和要经常维修的部分，均无需使用工具。因此，即使在天气恶劣条件下进行调整、更换或维修，也较为便利。

另外，承雨器的刃口水平度，可通过筒壳底座与三角支架连接部分的固定螺钉（21）进行调整。

2. 雨量计使用中的另一个主要方便之处，是其主机能随意转动，并使其静止在任意方位上。

这就可随时察看在钟筒上过去任意时间内的记录雨量和雨情变化的全过程。同时，也为更换自记纸或装卸自记钟筒，为调查、检查和维修主机上的任何部分，提供了便利条件。

能转动的主机，是用手紧螺母（11）紧固在中心支柱（12）上的。并可以旋开手紧螺母把主机卸下，移到室内进行检查、调整、维修和入冬装箱保存。

3. 除上述两项外，便于检定、维修和使用的还有：

承雨口面积采用整数  $100\text{cm}^2$ ，因而可使用公制的容量标准计量器具，如 200、300、500ml 量筒或量瓶来检定、检查和调整仪器的各点雨量刻度差。

日转自记钟的规格与温度、湿度和气压计上的自记钟相同。这既便于生产和通用，使用和维修也较方便。自记纸的外形规格尺寸，与上述三种自记仪器的自记纸相同。另外，采用通用的柱形绘图笔尖作自记笔。这种笔尖采购容易，墨水储量多、笔尖细，画出来的线条细匀，记录曲线看起来比较清晰、易读。

不用螺钉或螺母装配的部件如承雨器、导水管（1）、笔尖和笔架（3）等，可随时方便地装卸。其他如雨量计筒壳（27）、浮子筒、浮子盖（16）、主机的中轴、自记钟的中轴等部件，可分别通过固定螺钉（21）、手固螺母（19）、手固螺母（15）、阻挡螺钉（6）、自记钟中轴固定螺母来装卸。

此外，根据服务和观测需要，雨量计也可使用周转自记钟和周转自记纸，记录和观测一周内的雨量及其变化，使用起来更为方便。只是从记录曲线上，不能挑选、计算降雨过程中的每 10 分钟雨强值。它还可作为导管遥测雨量计的通用主机，安置在室内作为记录部分使用。

由于雨量计自记纸雨量刻度单位为  $1\text{mm}$  雨量，它与每虹吸一次为  $10\text{mm}$  的自记纸（刻度单位为  $0.1\text{mm}$ ）比较起来，读到小数一位要困难些。但看来这也是个习惯问题，因为气压和温度记录纸都要求读到小数一位，而其刻度单位是  $1\text{mb}$  或  $1^\circ\text{C}$ ，第一位小数也要靠观测人员来估读。所以，只要习惯了，也就不会感到困难了。

从试用中看来， $0.1\text{--}0.2\text{mm}$  的小量阵雨，在自记曲线中明显可见，而  $0.1\text{--}0.2\text{mm}$  的毛毛雨，在自

记曲线中需要仔细观察才可辨认。因此，这种雨量计在降雨强度很小而降雨时间又较长的条件下，当雨量小于0.3mm时，记录曲线变化不明显，读取和计算都较困难，且其相对误差也很大。也就是说，这种雨量计的灵敏度比现用的要低些。因此，它不宜在多微

量降雨的干燥地区使用。

为适应测量多雨地区较大降雨量的需要，在66型虹吸雨量计的基础上，只要少加改动，就可增加一种每次虹吸100mm雨量的系列化品种，这在结构和工艺上也是容易办到的。