

董晓波,孟宪罗,甄树勇,等. 数字式雹雨分测仪的研制[J]. 干旱气象, 2014, 32(3): 465-468, [DONG Xiaobo, MENG Xianluo, ZHEN Shuyong, et al. The Development of Digital Hail - Rain Measuring Instrument[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(3): 465-468], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-03-0465

数字式雹雨分测仪的研制

董晓波¹, 孟宪罗², 甄树勇², 石安英¹, 吕峰¹, 胡向峰¹

(1. 河北省人工影响天气办公室, 河北 石家庄 050021; 2. 河北省气象技术装备中心, 河北 石家庄 050021)

摘要:重点介绍了数字式雹雨分测仪的工作原理:通过过滤的方式成功将冰雹和雨滴分离,再利用阿基米德定律测算出降雹量。该仪器充分利用了雨量测量、GPRS 数据传输、太阳能供电等先进技术,具有全自动、数字化特点及良好的组网能力。经实际野外试验观测表明,该仪器性能稳定,使用便捷。通过野外试验观测数据分析,数字式雹雨分测仪观测的雨量与其他仪器观测的雨量相比,误差在可接受范围内。由于该仪器能够实时观测到降雹量,为冰雹的观测研究提供了仪器支持。

关键词:数字式雹雨分测仪;原理;组网观测;误差分析

文章编号:1006-7639(2014)-03-0465-04 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-03-0465

中图分类号:P414

文献标识码:A

引言

冰雹是一种固态降水物,是常见的气象灾害之一。目前,自动气象站的联网部署能够准确观测到温度、气压、湿度、雨量等气象要素。但冰雹观测相对比较落后,大多数的冰雹记录是观测员用肉眼观察并用文字描述。随着探测技术的发展,科研业务人员研发了多种冰雹的观测仪器。如:测雹板,通过不同大小冰雹在测雹板上留下的凹痕,得到冰雹大小、分布及数密度等;通过对雹穴大小测量,还可以获取落地冰雹动能、动量及质量值^[1]。由云南大学研制的紫外光电测雹仪,是根据气体放电和等离子体的热辐射理论,采用光电倍增管和紫外干涉滤光片作为遥感元件来接收积雨云内闪电光中波长 < 290 nm 的中紫外线的仪器^[2]。该仪器主要用来记录积雨云中的闪电特征从而探测雹雨云。

1990年代河北省人工影响天气办公室石安英等^[3]研制开发了全自动雹雨分测计,该仪器的研制为研究冰雹的生成及检验防雹效果提供了重要的参考资料^[4-5]。但在实际应用中该仪器显现出很多不足,如:(1)虹吸误差较大。此项误差在 11.5% 以上,且随着雨量、雹量的增大而增大,这是虹吸雨量计的固有特点;(2)仪器结构复杂,尤其资料处理部分。因手工操作,易出读数误差;(3)仪器用 220 V

电压,降雹时雷电常造成停电事故,造成缺测。为了能够准确、连续、实时的进行雹雨分别测量,技术人员重新研发了数字雹雨分测仪。该仪器充分利用了目前先进的雨量测量技术、计算机技术、GPRS 数据传输技术、太阳能供电技术,研制开发出新的硬件系统,制作出高度自动化的数字式测雹仪器。数字雹雨分测仪不仅弥补了全自动雹雨分测计的种种不足,更具备了良好的组网观测能力。

1 数字雹雨分测仪工作原理及结构

由于冰雹属于固态降水,且降雹的同时都伴随降雨的出现,这就给气象上的常规观测带来了许多困难。数字雹雨分测仪(以下简称分测仪)进行了巧妙的设计,能够将冰雹和降雨分开测量,从而达到同时观测降雨量、降雹量的功能。

1.1 分测仪的工作原理

分测仪利用 2 个栅间距为 4 mm 的过滤栅,将冰雹和雨分开,然后再分别导入各自的测量系统。其中,被分离的冰雹导入雹雨转换器,雹雨转换器内装满一定量的水,当冰雹进入雹雨转换器后,会将水排出,根据阿基米德定律,进入雹雨转换器的冰雹化成水的体积等于冰雹所排开水的体积,因此,测量冰雹所排出水的量就能得到降雹量。同时,被分离的雨将被导入雨量传感器,根据翻斗的次数直接测量

降雨量。

1.2 分测仪系统构成

分测仪主要组成部分包括桶身、雨量收集器、雹雨过滤栅、雹雨转换器、雨量传感器、数据采集器、GPRS 无线数据传输系统、自动注水系统、太阳能供电系统等 9 部分组成^[6](图 1)。

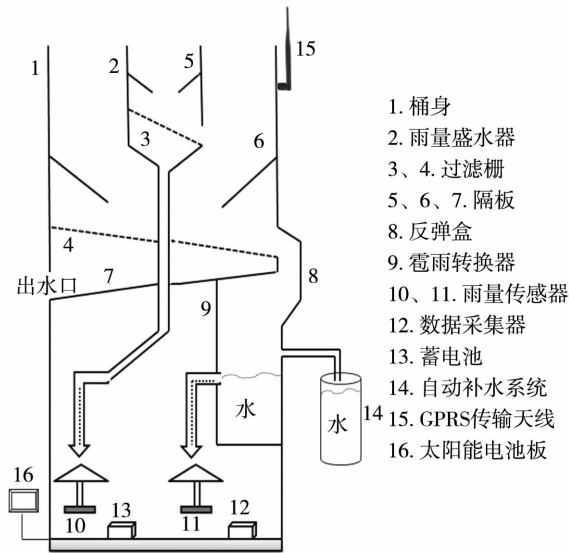


图 1 数字雹雨分测仪结构图

Fig. 1 Structure of the Digital Hail - Rain Measuring Instrument

1.3 分测仪各部分功能

根据全自动雹雨分测计原理模拟试验的误差分析结果可知,误差随降雹量的增大而减小。因此,分测仪的桶身设计直径为 500 mm,高为 1 200 mm,以便能够收集到更多的冰雹,缩小降雹测量的误差范围。

雨量盛水器在标准雨量筒的盛水器上加以改装而成。盛水口径为 200 mm。在雨量收集器里加入了过滤栅以便于降落到雨量盛水器中的冰雹能够被过滤并被计量,提高降雨和降雹的测量精度。

雹雨过滤栅的主要作用是分离雨和冰雹。按照惯例,直径 > 5 mm 的冰球才称为雹块,因此过滤栅的栅间距设计为 4 mm。

雹雨转换器由容积盒和转换液(水)组成。其设计原理为:当落入收集器的冰雹由过滤栅过滤后经反弹盒进入雹雨转换器,由于冰雹的密度(0.9 g/cm³)小于水的密度(1.0 g/cm³),所以冰雹会漂浮于水面。根据阿基米德定律,可以得出漂浮水面的冰块化成水后的体积等于冰块所排开水的体积。因此,在雹雨转换器的一侧引出与转换器内水面持平的导管,冰雹进入转换器后所排出的水被送入雨量

传感器进行记录。

雨量传感器是利用 SL3 - 1 型遥测雨量传感器。包含漏斗、上翻斗、计量翻斗、计数翻斗等部件。其工作过程为:雨水有雨量收集器汇集,进入传感器的上翻斗,上翻斗的作用是使降水强度近似大降水强度,然后进入计量翻斗计量,计量翻斗翻动一次为 0.1 mm 降水量。随之雨水由计量翻斗倒入计数翻斗。在计数翻斗的中部装有一块小磁钢,磁钢上面装有干簧开关,计数翻斗翻转一次,则开关闭合一次,由于开关的闭合送出一个信号,输出信号则由数据采集器所采集。

雹雨分测仪设计使用环境为野外工作环境。雹雨转换器内的水由于受到蒸发的影响,一段时间后水面就会下降从而影响到数据测量的精度,因此,我们设计了自动补水系统,自动补水系统由雹雨转换器内的浮子、小型水泵和储水容器 3 部分组成。当雹雨转换器内的水面下降时,内置的浮子就会随之下落,触发水泵工作,将储水容器内的水抽入雹雨转换器内进行补充,当水面恢复到原定位置时,浮子上浮从而停止水泵工作。另外,考虑到仪器工作的环境,我们为仪器设计了太阳能供电系统和数据无线传输系统,这样可以确保雹雨分测仪的工作范围更加广泛、自由。

1.4 分测仪采集软件设计

为了使得所采集的数据能够实时的显示及处理,技术人员使用 Visual Basic 编程语言,开发了在 Windows 系统下运行的雹雨分测数据采集系统和雹雨分测显示系统。

雹雨分测数据采集系统主要功能是将分测仪采集器采集的分钟降雨量、降雹量等信息利用 GPRS 模式传输至接收端并存储,系统采集和传输时间间隔可根据观测需要来调整。

雹雨分测显示系统为雹雨分测仪的数据客户端,主要功能有:(1)实时降雨量、降雹量数据转换、误差处理并显示;(2)过去 1 h 降水、降雹量统计并以图形显示;(3)历史数据查询、导出;(4)指定时段降雨量、降雹量、雨雹比的曲线图显示。

2 野外观测实验数据分析

为了检验雹雨分测仪的运行稳定性、测量精确度以及存在的问题,将一台雹雨分测仪安装在河北省气象局气象大厦 16 楼平台上,紧邻一台激光雨滴谱仪。另外,在气象局大院内还布有自动雨量站一台。基于雹雨分测仪、激光雨滴谱仪、自动雨量站 3 台设备同时观测,对比分析。

2.1 降雨数据分析

表1数据为分测仪与河北省气象局自动雨量站观测数据的对比。以自动雨量站观测到的数据作为标准数据,将分测仪观测数据与标准数据进行误差计算,不难看出分测计测得的数值较自动站偏小。分测仪与自动雨量站所测降水值不一致的主要原因有:

(1)仪器安装位置不同,分测仪安装在气象大厦16楼平台,自动雨量站安装在距离气象大厦50m的北楼4楼,受降水分布不均匀影响,两者测得的数值有细微差别;(2)分测仪安装在气象大厦16楼平台,仪器本身会受到楼体的部分遮挡导致测得的值偏小;(3)受限于分测仪本身制作工艺,桶壁一定的粘附误差。

表1 数字雹雨分测仪与自动雨量站降雨量对比

Tab.1 Contrast of the rainfall data from the Digital Hail - Rain Measuring Instrument and Automatic Rainfall Station

日期	时间	R1/mm	R2/mm	ΔR /mm	$\Delta R/R2$
2011-07-02	08:00-13:59	34.6	40.4	-5.8	-14.36%
2011-07-24	16:00-22:59	76.2	92.9	-16.7	-17.98%
2011-07-26	21:00-22:59	50.1	49.7	0.4	0.80%
2011-07-29	17:00-23:59	26.7	27.5	-0.8	-2.91%
2011-07-30	00:00-01:59	0.6	0.7	-0.1	-14.29%
2011-08-09	23:00-23:59	35.4	38.5	-3.1	-8.05%
2011-08-10	00:00-00:59	15.6	14.4	1.2	8.33%
2011-09-01	06:00-10:59	20.8	27.0	-6.2	-22.96%
2012-07-30	11:00-23:59	5.8	7.0	-1.2	-17.14%
2012-07-31	00:00-18:59	31.8	30.5	1.3	4.26%
2012-08-01	07:00-09:59	0.8	0.9	-0.1	-11.10%
2012-08-14	11:00-14:59	3.2	3.4	-0.2	-5.88%
2012-08-18	13:00-15:59	1.8	2.0	-0.2	-10.00%
2012-09-05	06:00-12:59	3.3	3.8	-0.5	-13.16%
2012-09-06	01:00-18:59	44.3	44.1	0.2	0.45%

注:R1为雹雨分测仪测的数据,R2为自动雨量站测的数据, ΔR 为 $R1-R2$, $\Delta R/R2$ 为误差

表2数据为分测仪观测数据与激光雨滴谱观测数据对比。以激光雨滴谱仪观测到的数据作为标准数据,将分测仪观测数据与标准数据进行误差计算,分测仪测得值较雨滴谱测得值

平均偏大3.43%,而激光雨滴谱仪的液态测量精度本身有 $\pm 5\%$ 的误差,因此,可认为安装于同一位置的分测仪与激光雨滴谱仪的观测数据近似一致。

表2 数字雹雨分测仪与激光雨滴谱仪降雨量对比

Tab.2 Contrast of the rainfall from the Digital Hail - Rain Measuring Instrument and Raindrop Spectrometer

日期	时间	R1/mm	R2/mm	ΔR /mm	$\Delta R/R2$
2011-07-02	08:00-13:59	34.6	40.64	-6.04	-14.86%
2011-07-24	16:00-22:59	76.2	81.66	-5.46	-6.69%
2011-07-26	21:00-22:59	50.1	48.15	1.95	4.05%
2011-07-29	17:00-22:59	26.2	21.88	4.32	19.74%
2011-08-09	23:00-23:59	35.4	29.49	5.91	20.04%
2011-08-10	00:00-00:59	15.6	17.61	-2.01	-11.41%
2011-09-01	06:00-10:59	20.8	18.84	1.96	10.40%
2012-07-30	11:00-23:59	5.8	5.87	-0.07	-1.19%
2012-07-31	00:00-18:59	31.8	26.39	5.41	20.50%
2012-08-01	07:00-09:59	0.8	0.91	-0.11	-12.09%
2012-08-14	11:00-14:59	3.2	3.19	0.01	0.31%
2012-08-18	13:00-15:59	1.8	1.62	0.18	11.11%
2012-09-05	06:00-12:59	3.3	3.42	-0.12	-3.51%
2012-09-06	01:00-18:59	44.3	39.67	4.63	11.67%

注:R1为雹雨分测仪测的数据,R2为激光雨滴谱仪测的数据, ΔR 为 $R1-R2$, $\Delta R/R2$ 为误差

2.2 降雹数据分析

2011年7月24日17时,河北省气象局一带出现冰雹天气过程。此次降雹过程虽未有气象台站的观测记录,但有附近居民多人目击,且河北天气官方微博也曾发布消息称在石家庄育才街与槐中路一带出现冰雹(注:此处为河北省气

象局所在地)。结合雷达回波强度,降雹区域回波强度高达63 dBZ,回波顶高度16 km,垂直累积液态水含量 $48 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,也印证了降雹过程发生的可能。

分测仪安装位置正处此区域,并在此次天气过程中成功观测到冰雹降水,观测数据见图2。

序号	站号	日期	时间	降水量(毫米)	降雹量(毫米)	雨量比(雨/雹)
128	00007	2011-07-25	03:00	0.0	0.00	///
129	00007	2011-07-25	02:00	0.0	0.00	///
130	00007	2011-07-25	01:00	0.0	0.00	///
131	00007	2011-07-25	00:00	0.0	0.00	///
132	00007	2011-07-24	23:00	0.0	0.00	///
133	00007	2011-07-24	22:00	2.3	0.00	///
134	00007	2011-07-24	21:00	3.4	0.00	///
135	00007	2011-07-24	20:00	2.9	0.00	///
136	00007	2011-07-24	19:00	1.8	0.00	///
137	00007	2011-07-24	18:00	0.1	0.00	///
138	00007	2011-07-24	17:00	50.0	0.53	94.697
139	00007	2011-07-24	16:00	15.7	0.35	44.602
140	00007	2011-07-24	15:00	0.0	0.00	///

图2 雹雨分测仪实时观测记录

Fig. 2 The real-time observation of the Digital Hail-Rain Measuring Instrument

由雹雨分测仪实时观测记录的数据可以看出,降水主要集中在16~22时,其中16时、17时出现降雹,降雹总量为0.88 mm。由于目前国内国际上还没有有效观测冰雹的相关仪器设备,此次降雹量的观测数据准确与否尚难加以比对,但该次降雹的成功观测可以有效说明该仪器设备的可用性。

3 结 论

分测仪依托太阳能供电技术、数据自动采集技术及GPRS数据传输技术保证了该仪器的全自动运行,其原理可靠、结构合理、制作简便,具备了良好的野外无人值守组网观测能力。

经过大量的实验,雹雨分离装置不断改进,目前已设计出了柔韧度较好且更为光滑的雹雨分离栅,降低了降雨的粘附,可最大限度的收集降雹,减小了系统误差。配套研发的软件系统具备了良好的人机交互、数据统计及数据存储能力,便于观测资料的保存和利用。

截至目前,国际国内尚无可精确测量降雹量的设备,使得分测仪的研究应用停留在实验阶段,还不能进行对比测试。此外,分测仪在实验观测中,仅观测到1次降雹过程,缺乏大量的降雹数据支持,还需继续对分测仪进行观测实验,并对发现的问题加以讨论改进。

参考文献:

- [1] 郁青. 测雹板标定试验研究[J]. 气象, 2001, 27(12): 23-25.
- [2] 徐国钧, 苏绍基. 紫外光电探测器的原理及其广泛应用[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2001, 23(4): 275-278.
- [3] 石安英, 韩志成, 宋惠英. 全自动雹雨分测计的研制[J]. 高原气象, 1998, 17(2): 218-222.
- [4] 石安英, 梁敬. 防雹及雹云物理文集[C]. 北京: 气象出版社, 1989. 1-100.
- [5] 孙玉稳, 韩洋, 孙霞, 等. 降雹类型及相关因子的分布特征[J]. 高原气象, 2012, 31(1): 269-276.
- [6] 孙玉稳, 孙霞, 侯正俊, 等. 网络数字雹雨分测仪技术试验研究[J]. 气象科技, 2013, 41(2): 264-269.

(下转至第480页)

Design and Application of Regional Automatic Meteorological Station Database in Southeast of Gansu Based on ORACLE

YUAN Baishun¹, ZHU Yongjun¹, LI Xiaohe^{1,2}, WANG Hongbin¹, CHEN Wei¹

(1. *Tianshui Meteorological Bureau of Gansu Province, Tianshui 741000, China;*
2. *Tianshui Weather Modification Office, Tianshui 741000, China*)

Abstract: Because of regional automatic meteorological stations, the ability of monitoring and early warning of disaster prevention and mitigation of severe weather emergencies has been promoted. But with the rapid expansion of the automatic weather stations, the data processing increases exponentially, so the higher requirements for storage processing of database system are put forward. ORACLE database has so many advantages in dealing with massive amounts of data, such as excellent performance and strong scalability. The regional automatic meteorological station database application system in southeast Gansu was designed and established based on ORACLE 10G. The tryout showed that this system could satisfy the requirement of visiting and searching real-time data of regional automatic meteorological stations, the application efficiency has been improved, and the data from thousands of regional automatic meteorological stations which located in southeast Gansu and surrounding areas could realize automatically warehousing, store, search and retrieve. In this essay, the design, optimization principles of statement query, connection configuration of ORACLE data server with client of the database have been introduced.

Key words: regional automatic meteorological station; real-time data; ORACLE; system application

.....
(上接第 468 页)

The Development of Digital Hail – Rain Measuring Instrument

DONG Xiaobo¹, MENG Xianluo², ZHEN Shuyong²,

SHI Anying¹, LV Feng¹, HU Xiangfeng¹

(1. *Weather Modification Office of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China;*
2. *Meteorological Equipment Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China*)

Abstract: This article introduced the principle of the Digital Hail – Rain Measuring Instrument. After the hail separated from the rain-drop through the filtering device, the hailfall amount can be measured out according to Archimedes' s law. By taking full advantage of rainfall measurement, GPRS data transmission, solar – powered system and other advanced technologies, this instrument is featured with automatic observation, digital measurement and favorable networking capacity. The observations in the field show that the performance of this instrument is stable, and the observed data is reliable. Through the analysis of the data observed in the field, the rainfall measuring errors of this instrument fall into acceptable error range compared with other instruments. Finally, due to observing the amount of hailfall in real time, this instrument provides the study of hailfall observation with powerful instrumental support.

Key words: Digital Hail – Rain Measuring Instrument; principle; networking observation; error analysis