

姚作新. 新疆阿勒泰国家基准气候站 ZQZ-BH 型称重式固态降水试验研究[J]. 气象, 2011, 37(6): 714-719.

新疆阿勒泰国家基准气候站 ZQZ-BH 型 称重式固态降水试验研究^{* 1}

姚作新

新疆维吾尔自治区气象局, 乌鲁木齐 830002

提 要: 新疆阿勒泰国家基准气候站 ZQZ-BH 型称重式固态降水试验研究, 连续采集了 1 年的实时数据, 将固态降水监测数据与该站人工观测数据对比分析后, 认为 ZQZ-BH 型称重式固态降水监测设备能有效弥补无人自动气象站在冬季无降水监测数据的不足, 提供逐时、连续的多相态累计降水量监测数据, 具有一定参考价值, 可用于人工增雪作业效果检验和评估, 在判定 0.2 mm 以上降水量等级(不含微量降水等级)方面具有一定的参考价值。

关键词: 称重式, 固态降水, 试验

Experiment of the ZQZ-BH Solid Precipitation Weighing-Type Instrument at Meteorological Observation Station of Altay in Xinjiang

YAO Zuoxin

Xinjiang Meteorological Service, Urumqi 830002

Abstract: Based on the experiment of solid precipitation weighing-type instrument at meteorological observation station of Altay in Xinjiang, the instrument of ZQZ-BH solid precipitation can measure solid precipitation in winter, and then can determine the grade of precipitation, especially the grade of precipitation above 0.2 mm precipitation amounts.

Key words: weighing-type instrument, solid precipitation, experiment

引 言

新疆等北方地区冬季降雪占全年降水的比例较高, 而且冬季积雪状况还决定着来年春夏季融雪性洪水的大小及河流径流量的多少, 同时, 北方地区冬季人工增雪作业效果检验和评估也需要监测降雪量。因此, 在新疆等北方地区十分需要固态降水监测数据。

截止 2009 年 12 月底, 获得中国气象局气象专用设备许可的各种自动气象站, 都只能监测液态降水, 这些自动气象站在冬季因不能提供固态降水监测数据, 而在冬季停止降水监测。

换言之, 目前国内除开展人工观测业务的国家级地面气象站能够提供固态降水监测数据外, 仅有河北、新疆等个别省区的气象站建有试验性的自动气象站固态降水监测。但人工观测气象站点数量有限, 它们提供的固态降水监测数据, 远不能满足冬季精细化预报、气象服务、人影增雪作业效果检验与评估工作的需要。因此, 在北方地区区域气象站增设固态降水自动监测设备, 业已成为现代气象业务发展的客观需要。

为作好固态降水自动监测与人工观测的对比试验, 新疆气象局于 2008 年 11 月在阿勒泰国家基准气候站布设了一套“ZQZ-BH 型称重式固态降水自动监测试验设备”, 该套设备的降水监测精度为 0.1

* 新疆气象局业务新技术项目“0.1 mm 称重式固态降水自动观测系统与人工观测降水对比分析”(编号: YX200912) 资助

2010 年 3 月 29 日收稿; 2010 年 12 月 18 日收修定稿

作者: 姚作新, 主要从事综合气象观测和通信网络业务研究和管理工作. Email: yzx9210xj168@sina.com

mm,它既可以在冬季监测固态降水,也可以在春季、夏季和秋季监测液态降水。该套试验设备在 2008 年 12 月 1 日至 2009 年 11 月 30 日期间,与该站的人工降水/降雪观测进行为期 1 年的对比试验研究。

1 试验仪器与分析方法

1.1 试验仪器

本研究选用江苏无线电研究所有限公司生产的 ZQZ-BH 型称重式固态降水监测自动站系统,其中称重式雨量传感器采用挪威 GENOR 公司的 T-200B 型雨雪量计,采用称重方式计算固液态降水量,盛水桶桶口直径为 200 mm,盛水桶外有防风器。降水测量范围是 0.2~600 mm。降水起测值为 0.2 mm,测量精度 0.1 mm(注:人工观测降水量的起测值为 0.0 mm,精度为 0.1 mm)^[1]。

盛水桶中累积的固态或液态降水,由称重的弦振传感器转换为数字频率信号。每套固态降水监测设备配置有 1 至 3 个弦振传感器,弦振传感器数量越多则降水监测的准确性与可靠性越高。为保证一年四季的降水测量精度,采用向盛水桶中定期添加防冻液的方式,保证盛水桶中的降水在冬季不结冰;同时,采用向盛水桶定期添加防蒸发液的方式,保证盛水桶中的降水在春季、夏季和秋季不蒸发。

1.2 资料

本研究所使用的试验数据均由阿勒泰国家基准气候站 ZQZ-BH 型称重式固态降水自动监测试验设备和该站人工观测采集。试验期间,固态降水监测设备采集到小时降水量数据样本一千多个、人工观测 6 小时降水数据样本数百个^[2]、日降水量数据样本 100 组(其中固态降水监测设备采集到 69 组、人工观测采集到 100 组)。

1.3 分析方法

本研究将“固态降水试验设备”采集的数据(含加工数据)称为“试验组数据”;将“人工观测数据”称为“对比组数据”;将“相对差”约定为“|试验组数据-对比组数据|”;将“相对差比率”约定为“(|试验组数据-对比组数据|/对比组数据)×100%”,即本研究将人工观测获得的“对比组数据”作为标准数据,

采用“试验组数据”与“对比组数据”进行比较的方法,对“称重式固态降水自动监测试验设备”的准确性、适用性、系统性缺陷等问题进行分析和研究。

2 分析研究

2.1 年降水量比较

通过比较两组数据中的“年降水量(2008 年 12 月至 2009 年 11 月)”监测数据(详见表 1),发现两组数据的绝对差值为 6.3 mm,相对差比率为 3.53%,中国气象局《地面气象观测规范》中“表 3.1 我国自动气象站技术性能要求表”关于降水准确度的要求是:当降水量≤10 mm 时,相对差≤0.4 mm;当降水量>10 mm 时,相对差率≤4%^[3]。

表 1 年降水量比较表	
Table 1 Comparison of annual precipitation data	
	数值
试验组	171.1 mm
对比组	177.4 mm
相对差	6.3 mm
相对差比率	3.53%

2.2 月降水量的比较

通过比较两组数据中的“月降水量(2008 年 12 月至 2009 年 11 月)”逐月监测数据(详见表 2、表 3),发现两组月降水量监测数据的相对差均在 0.0~3.2 mm 之间,相对差比率均在 0.00%~23.0% 之间,月降水量相对差均值为 1.39 mm、相对差比率为 9.4%。

表 2 月降水量的逐月数据比较				
Table 2 Comparison of monthly precipitation data				
月份	试验组 /mm	对比组 /mm	相对差 /mm	相对差 比率/%
2008 年 12 月	11.0	10.7	0.3	2.80
2009 年 1 月	30.9	28.5	2.4	8.42
2009 年 2 月	30.5	28.0	2.5	8.93
2009 年 3 月	4.3	4.7	0.4	8.51
2009 年 4 月	8.6	9.0	0.4	4.44
2009 年 5 月	10.7	12.0	1.3	10.83
2009 年 6 月	9.5	11.0	1.5	13.64
2009 年 7 月	7.7	10.0	2.3	23.00
2009 年 8 月	1.5	1.9	0.4	21.05
2009 年 9 月	22.4	24.4	2.0	8.20
2009 年 10 月	13.5	16.7	3.2	19.16
2009 年 11 月	20.5	20.5	0	0.00
平均	14.26	14.78	1.39	9.40

表 3 月降水量数据分析
Table 3 Analysis of monthly precipitation data

	数值
最大相对差	3.2 mm
最小相对差	0.0 mm
相对差均值	1.39 mm
相对差比率均值	9.4%

2.3 日降水量的比较

下面我们结合图 1 和图 2, 观察两种监测方式

在日降水量监测方面的差异。从这两张图中可以看出, 固态降水监测值与人工观测数值具有非常接近, 数据拟合程度非常好, 相对差全部在 1.1 mm 以下, 且相对差超过 0.5 mm 的降水日数仅有 8 次, 日降水量相对差 ≤ 0.5 mm 的样本比例高达 92%。

但是, 当我们观察表 4 日降水量比较表时, 又发现两组日降水量监测数据的相对差虽然仅分布在 0.0~1.1 mm 的区间上, 且相对差均值仅有 0.2 mm, 但相对差比率却高达 40.45%。相对差比率达

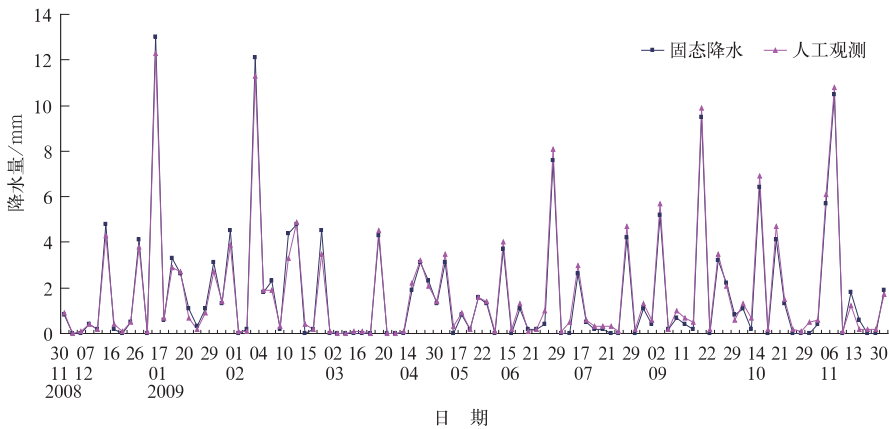


图 1 日降水量对比图
Fig. 1 Comparison of daily precipitation data

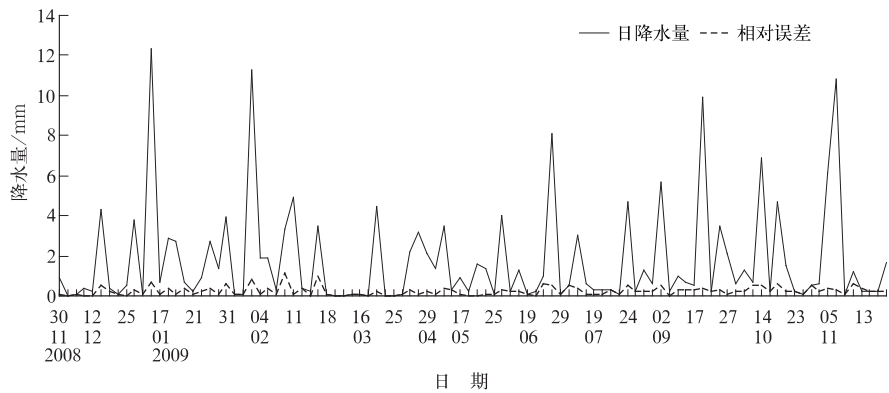


图 2 日降水量与相对差统计图
Fig. 2 Deviation of solid-state precipitation monitoring data from the daily precipitation distribution

表 4 日降水量比较表
Table 4 Comparison of daily precipitation amounts

	数值
最大相对差	1.1 mm
最小相对差	0.0 mm
相对差均值	0.2 mm
相对差比率均值	40.45%

到 40.45%, 主要是因为本项目数据采集期间(即 2008 年 12 月至 2009 年 11 月)阿勒泰基准站日降水量在 0.0~0.1 mm 量级(含 0.1 mm)的降水日数, 高达 21 次, 而固态降水监测设备又恰好对 0.0~0.1 mm 量级(含 0.1 mm)在降水事件反映不灵敏, 无法监测这样的小量降水事件; 另外, 当降水持

续时间较长,每小时降水或降雪强度非常小(如仅有 0.0~0.1 mm 的降水事件),日降水量在 0.5 mm 以下的降水日,在这样降水日固态降水监测值一般比人工观测值差值小,这些都是造成相对差比率较高的原因。

由于本研究采集的所有数据样本中,日降水量 ≤ 1.0 mm 的样本占总数的 60%(其中,日降水量 ≤ 0.2 mm 的样本又占总数的 35%),日降水量数值普遍较小是导致相对差比率较高的主要原因。

如果相对差比率取全年降水日平均降水量计算,则相对差比率仅为 11.3%(注:该站 2008 年 12 月至 2009 年 11 月全年降水日平均降水量为 1.77 mm,全年日降水量均值属于小量等级)。

2.4 过程降水量比较

过程降水在重要天气过程个例分析中具有重要的指标意义^[4]。在本研究中,将“过程降水”定义为有明显的天气系统过境且累计降水超过 0.2 mm 或连续降水 2 小时以上且累计降水超过 0.2 mm 的一次天气过程的累计降水量。

由于本研究使用的固态降水试验设备的监测精度为 0.1 mm,因受设备精度限制,监测系统对于 0.0~0.1 mm 的微量降水反应不够灵敏。因此,本研究在统计过程降水数据时,只统计过程累计降水量超过 0.2 mm 的降水过程。

本研究在 2008 年 12 月至 2009 年 11 月对比试验期间共统计到 42 次过程降水,过程降水最大相对差为 1.3 mm,平均相对差为 0.4 mm。具体统计数据详见表 5。

表 5 过程降水对比表
Table 5 Comparison of precipitation caused by weather processes

	数值
最小相对差	0.0 mm
最大相对差	1.3 mm
相对差均值	0.4 mm
相对差比率均值	18.99%

2.5 降水量等级比较

降水量等级的划分标准详见“表 6:中国气象局降水量等级划分标准”^[5],本研究在进行降水量等级比较中均使用“日降水量”标准。

从两种监测方式日降水量等级比较(表 7)中的数据可以发现,在判定“中量”、“大量”和“暴量”降水

等级时,两种监测方式的判定等级完全一致;而在判定“小量”降水等级时,两种监测方式判定的降水等级存在一定的差异,主要原因是由于固态降水监测设备对 0.1 mm 以下的微量降水反应不灵敏,因而试验组数据在 0.0 mm 无量降水等级和仅 0.1 mm 的小量降水统计无法采集到样本数据,进而造成试验组降水样本在“小量”等级样本数量偏少。

表 6 中国气象局降水量等级划分标准
Table 6 Rainfall classification standards set by China Meteorological Administration

量级	日降水量/mm
小雨	0.1~9.9
中雨	10~24.9
大雨	25~49.9
暴雨	50.0~99.9
大暴雨	100.0~250.0
特大暴雨	>250.0
小雪	0.1~2.4
中雪	2.5~4.9
大雪	5.0~9.9
暴雪	≥ 10.0

注:表中各级别的雪量值均指纯雪化为水的量值,而不包括湿雪的量值在内,如,湿雪量值达 ≥ 10.0 mm 时,不作为“暴雪”处理。若“雨夹雪”(雨和雪同时下)24 小时的总量值达 ≥ 10.0 mm 且雪深南方达 ≥ 5 cm、北方达 ≥ 10 cm 时才算暴雪

表 7 两种监测方式日降水量等级比较表
Table 7 Two kinds of methods to monitor daily precipitation grade

降水量等级标准	试验组样本数	对比组样本数
无量降水(0.0 mm)	0	6
小量 (小雨:0.1~9.9 mm) (小雪:0.1~2.4 mm)	56	81
中量 (中雨:10.0~24.9 mm) (中雪:2.5~4.9 mm)	11	11
大量 (大雨:25.0~49.9 mm) (大雪:5.0~9.9 mm)	0	0
暴量 (暴雨:50.0~99.9 mm) (暴雪: ≥ 10.0 mm)	2	2
合计	69	100

从图 3 中可以看出,全年降水量量级差异主要发生在“无量降水”和“小量降水”两个级别上,这正好符合固态降水自动监测设备对 0.0~0.1 mm 降水无法识别的系统性误差特点;从图中也可以看出,全年降水量量级在“中量降水”、“大量降水”和“暴量降水”3 个级别上没有量级差异。

再从日降水量等级差异比较(表 8)中数据可以看出,两种监测方式在判定日降水量等级时,等级相同的比例接近 70%;在数据样本中,试验组降水量

等级对比组等级偏小的比例大约是 30%，其中主要误差来源于固态降水自动监测设备对 0.0 mm 的无量降水和 0.1 mm 的微量降水无法监测。

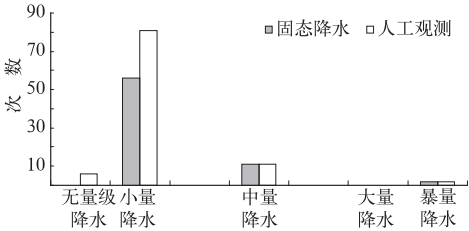


图 3 日降水量量级统计图
Fig. 3 Statistical chart of magnitude difference in daily precipitation grades

表 8 日降水量等级差异比较表
Table 8 Differences between daily precipitation grades

	次数	概率/%
等级相同(等级无差别)	69	69.00
试验组等级偏小(小一量级)	31	31.00
试验组等级偏大(大一量级)	0	0.00
合计	100	100.00

3 误差分析

微量降水相对差较大。由于称重式固态降水监测仪器的降水起测值为 0.2 mm,无法监测 0.0~0.1 mm 的微量降水事件,因此,称重式固态降水监测对于 0.1 mm 以下的微量降水事件,不具备监测能力。换言之,这是由于仪器本身原因带来的系统性误差。而在研究样本中发现,人工观测共采集到日降水量在 0.0 mm 和 0.1 mm 的样本 21 个,也即该站 0.1 mm 以下的微量降水事件占 21%,此类样本是造成整体相对差率偏大的主要原因。

对比组数据为非实时数据。由于对比组数据选用的是人工观测数据,该数据实际是非实时观测值,该组数据是通过观测员每隔 6 小时人工观测获得,且采用人工取雪、加热融化后测量降水量,实际上这种人工观测方式也存在一定的误差^[3]。

固态降水监测有一定的时间滞后性。由于固态降水监测仪器使用盛水桶收集降水,在盛水桶上方有降水收集口,收集口边缘会有少量雪积存,在收集口附近的雪未掉入盛水桶之前,该部分重量不会被固态降水监测仪器采集。只有等收集口积雪掉入盛水桶后,该部分降水量才被计入,所以,固态降水监测在时间上有一定的滞后性。

大风情况下监测有一定误差。当风速较大时,因收集口较小,进入收集口的雪量有限,因此,固态降水监测到的固态降水值会比人工观测到的固态降水值偏小。

4 固态降水监测设备的应用分析

4.1 固态降水监测的优势与适用领域

多相态降水全年连续监测。由于称重式固态降水监测设备既能监测雪、冰雹等固态降水,又能监测雨等液态降水,且能一年四季连续使用,因此,称重式固态降水监测设备可用于多相态降水的全年连续监测,能有效弥补无人自动气象站冬季无降水监测数据的不足。

累计降水量数据具有一定的参考价值。由于称重式固态降水监测设备采集的年降水量相对差率仅为 3.53%,月降水量监测相对差率小于 10%,过程降水平均相对差率小于 20%,降水量等级准确率接近 70%。因此,固态降水监测设备采集的累计降水量数据具有较高的参考价值。可将固态降水监测设备采集的数据用于定性分析,如判断是否有 0.2 mm 以上的降水事件发生,大致判断降水量等级等。

可提供逐时监测数据。称重式固态降水监测设备可根据预报、服务需要提供逐时的、连续监测数据,数据采集密度可根据需要加密到分钟级,对于降水强度较大、降水时段集中的降水事件监测效果更好。

可用于人工增雪作业效果检验和评估。过去,北方地区冬季人工增雪作业效果检验与评估工作,因缺乏实时、连续的固态降水监测数据而困难重重,将称重式固态降水监测设备布设在人工增雪作业区内,可提供实时、连续、量化的固态降水监测数据,有助于人工增雪作业效果检验与评估工作的科学开展。

4.2 固态降水监测的不足

不适合微量降水监测。不能监测 0.0~0.1 mm 的微量降水,对于微量降水的反应不够灵敏。

需要定期维护。称重式固态降水监测设备的设计构造,决定了该类设备需要采用人工方式,定期向盛水桶中增添防冻液和放蒸发液,定期将盛水桶内过多积水排出。

设备价格较高。由于国家对称重式固态降水监测设备的精度要求较高,国产设备中的关键原器件还主要依赖进口,且目前的实际需求量不高,在价格上未能构成批量优势,因此,设备价格整体较高。

5 结论与讨论

新疆阿勒泰国家基准气候站 ZQZ-BH 型称重式固态降水试验研究,获取了连续 1 年的实时监测数据,将固态降水监测设备采集的数据与该站人工观测数据对比分析后,研究人员认为江苏无线电研究所有限公司生产的 ZQZ-BH 型称重式固态降水监测系统,能有效弥补无人自动气象站在冬季无降水监测数据的不足,可提供多相态降水的全年、逐时连续监测数据,提供的累计降水量数据具有一定参考价值,可用于人工增雪作业效果检验和评估,在判定 0.2 mm 以上降水量等级(不含微量降水等级)方面具有一定的参考价值。

同时,研究人员认为该套设备不适合 0.0~0.1 mm 微量降水监测,且需人工定期维护,设备价格相对较高,整体性能还有一定的改进和优化空间。

新疆气象局在阿勒泰国家基准气候站 ZQZ-BH 型称重式固态降水试验研究的基础上,又在天山山

区、阿勒泰山山区、昆仑山山区布设了 14 套含有 ZQZ-BH 型称重式固态降水监测设备的无人区域气象站,希望借此提升新疆山区降水的监测能力,尤其是冬季固态降水的监测能力,同时,也为冬季人工增雪作业效果的科学检验和评估提供基础数据^[6-9]。

参考文献

[1] 江苏无线电研究所. ZQZ-BH 自动站系统[C]. 江苏无线电研究所,2008,10.

[2] 新疆阿勒泰国家基准气候站. 阿勒泰国家基准气候站固态降水监测试验年度数据汇总[G]. 2009,12.

[3] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003,126.

[4] 牛若芸,乔林,陈涛,等. 2008 年 12 月 2—6 日寒潮天气过程分析[J]. 气象,2009,35(12):75-77.

[5] 许小峰,矫梅燕,宋连春,等. 中国气象局业务技术体制改革培训教材(普及版)一天气轨道业务卷(内部试用)[G]. 中国气象局培训中心,2006:93.

[6] 姚作新,何芳,马旭斌. 新疆气象局综合观测系统建设周报[G]. 新疆气象局业务处,2009,27(27):3-3.

[7] 姚作新,马旭斌. 偏远气象站点 IPSTAR 综合通信解决方案[J]. 气象,2010,36(5):138-141.

[8] 苏正军,郑国光,关立友. 人工冰核的核化速率试验[J]. 气象,2010,36(11):46-49.

[9] 杨云,丁蕾,王冬. 总辐射表夜间零点偏移试验与分析[J]. 气象,2010,36(11):100-103.