

文章编号:2096 - 5389(2022)04 - 0100 - 05

一种简易恒温加热防冻结装置 在三穗国家基准气候站的实践应用

杨再禹, 杨 平, 谢佳豪

(贵州省三穗县气象局, 贵州 三穗 556500)

摘 要:低海拔地区冬季由于凝冻常常会使风向风速传感器冻结,造成风要素资料失真或监测数据缺测,影响数据可用性,造成气象数据历史延续空白,导致无法弥补的历史数据损失。该文利用三穗县国家基准气候站 2008—2020 年冬季逐日、逐时、逐分钟风向风速、气温、相对湿度以及降水等地面气象监测资料,详细分析冬季冰冻期间风向风速缺测时段的气温、相对湿度、降水等相关信息,找出风向风速冻结与气温、相对湿度、风速大小的对应关系,从而判定风向、风速易冻结的气象要素阈值,采用 USB 碳纤维发热片,科学搭建低压加热方式,确保风向、风速传感器设备加热时不被灼伤受损,ZQZ - TF 风向、风速监测资料连续可靠。

关键词:风向风速传感器;冻结;加热阈值;恒温加热;防冻

中图分类号:P414.7 **文献标识码:**B

Practical Application of a Simple Thermostatic Heating Anti - freezing Device in Sansui National Benchmark Climate Station

YANG Zaiyu, YANG Ping, XIE Jiahao

(Sansui Meteorological Bureau of Guizhou Province, Sansui 556500, China)

Abstract: In winter at low altitude, due to freezing, wind direction and speed sensors are often frozen, resulting in distortion of wind element data or lack of monitoring data, affecting data availability, resulting in continuous blank of meteorological data and irreparable loss of historical data. In this paper, based on the daily, hourly and minuter - by - minute surface meteorological monitoring data of wind direction and speed, temperature, relative humidity and precipitation from The National Reference Climate Station in Sansui County from 2008 to 2020, the temperature, relative humidity and precipitation during the unmeasured period of wind direction and speed in winter were analyzed in detail. The corresponding relationship between wind direction and wind speed freezing and air temperature, relative humidity and wind speed is found out, so as to determine the threshold of meteorological elements that wind direction and wind speed are easy to freeze. USB carbon fiber heating sheet is adopted to scientifically build low - pressure heating mode to ensure that wind direction and wind speed sensor equipment will not be burned and damaged during heating and ZQZ - TF wind direction and wind speed monitoring data will be continuous and reliable.

Key words: wind direction and speed sensor; freezing; heating threshold; constant temperature heating; anti - freezing

收稿日期:2021 - 08 - 24

第一作者简介:杨再禹(1977—),男,高工,主要从事县级综合气象业务工作,E-mail:123167175@qq.com。

资助项目:贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2021]01 - 14 号);三穗强降水特征及其地形影响的研究。

0 引言

三穗国家基准气候站地处贵州省东部,属低海拔地区,承担着温度、气压、相对湿度、风向、风速、能见度、日照、天气现象、雨量、云、蒸发、结冰、覆冰监测任务;自建站以来,每年1月、2月、12月(以下简称冬季)或多或少都会出现凝冻天气,气温较低、有雨雪天气时,风向、风速传感器、雨量筒等气象设备易被冻结,待到自然解冻时,已经丢失了大量数据,严重影响三穗国家基准气候站的设备稳定运行率、数据传输及时率和数据可用性,造成历史数据不连续,无法修复弥补。长期以来,三穗气象工作者周而复始前往10 m高的风塔顶人工除冰,如遇到凝冻强劲的天气,即使白天攀爬上冰滑的风塔完成除冰,可夜间又被冻住了,且该方法对人身安全带来隐患,又容易对风传感器机械部位造成物理损坏。

近年来,气象工作者对风向风速传感器冬季防冻做了大量研究。张雅昕等^[1]运用25 W/24 V电加热器通过厂家嵌入风向、风速传感器自动保温进行了研究;柯莉萍等^[2]利用加热丝进行加热的方法对风向风速传感器防冻设计在西南地区高海拔地区的应用进行实验研究;无锡新气象科技有限公司采用陶瓷PTC发热片进行外置加热防冻^[3];2019年以来,三穗县气象局从业人员利用加热条、加热线、加热片反复进行加热试验,其中采用加热片的方法简单、经济实惠、耐用。本文利用三穗县国家基气

候站2008—2020年冬季逐日、逐时、逐分钟地面气象监测资料,详细分析冬季冰冻期间风向风速相关气象信息,判定风向风速冻住的气象要素阈值,采用USB碳纤维发热片,运用智能化科学控热方式,保障了风向、风速监测资料连续可靠,确保冬季气象资料准确及时、精密可靠,对冬季低海拔地区风向、风速数据正常采集具有重要的应用价值。

1 资料与方法

1.1 资料

三穗国家基气候站2008—2020年1月、2月、12月月报表、分钟报表等逐日、逐时、逐分钟地面气象观测资料。

1.2 方法

1.2.1 统计分析 统计2008—2020年1月、2月、12月月报表(见表1),发现14 a中有2 a(2009年和2017年)风向、风速传感器没有被冻结外,其余12 a都有被冻结的月份,被冻结率达85%以上。14 a来,一年中风向、风速传感器3个月都被冻结的为0,2个月的有3 a,占比为21%,1个月的有9 a,占比达64%。风向、风速传感器冻结时间最长为128 h,出现在2018年1月,其次为2011年1月,冻结时间111 h,第3是2015年的1月底,持续100 h。统计还发现风向、风速传感器在1月冻结时间最长,2月时次最多,1月和12月冻结时次都是4次,但12月风向、风速传感器冻结时间均在30 h以内。

表1 2008—2020年风向风速传感器冻结情况统计表

Tab. 1 Wind direction and wind speed freezing statistics in 2008—2020

年份	1月			2月			12月		
	风向风速冻结 持续时间	持续 时间/h	月极端最低 气温/℃	风向风速冻结 持续时间	持续 时间/h	月极端最低 气温/℃	风向风速冻结 持续时间	持续 时间/h	月极端最低 气温/℃
2008年	21日02时—24日02时	81	-5.9		0	-5.3		0	-4.9
2009年		0	-2.9		0	0.7		0	-1.6
2010年		0	-2.0	11日16时—12日09时	17	-2.0	15日10时01分—16日10时21分	24	-4.2
2011年	2日21时—7日12时	111	-5.1		0	-4.3		0	-3.0
2012年		0	-5.1		0	-2.2	26日07时—27日13时	30	-3.6
2013年		0	-4.8	8日04时—9日11时	31	-2.7		0	-2.7
2014年		0	-3.4	9日23时—10日16时	17	-4.3		0	-2.9
2015年	28日16时—31日20时	76	-1.8	1日20时01分—2日20时	24	-2.5		0	-0.8
2016年	20日05—09时	4	-3.1		0	-2.1		0	-0.8

续表 1

年份	1 月			2 月			12 月		
	风向风速冻结 持续时间	持续 时间/h	月极端最低 气温/℃	风向风速冻结 持续时间	持续 时间/h	月极端最低 气温/℃	风向风速冻结 持续时间	持续 时间/h	月极端最低 气温/℃
2017 年		0	-0.3		0	-2.2		0	-3.2
2018 年	25 日 02 时 —30 日 10 时	128	-4.4		0	-4.6	9 日 13 时—10 日 19 时 05 分	30	-5.3
2019 年		0	-2.8	09 日 00 时 —11 日 14 时, 17 日 17—19 时	64	-1.7		0	-1.1
2020 年		0	-1.3		0	0.7	14 日 06 时 07 分 —08 时 45 分	2	-2.4
2021 年	7 日和 17 日为 雨雪天气 28 日 23 时	0	-4.3		0	2.9	26 日 03 时 —28 日 09 时	55	-3.9
2022 年	—29 日 12 时 为雨雪天气	13	-3.9						

1 月份月极端最低气温为 $-0.3 \sim -5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2 月份月极端最低气温为 $0.7 \sim -5.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 12 月份月极端最低气温为 $-0.8 \sim -5.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由此, 2 月份极端最低气温有可能在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上, 从风向、风速传感器被冻结状态来看, 不仅仅与气温有关, 同时与天气状况有密切关系。即使气温达到 $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下, 若

没有冻雨产生, 将不会冻结风要素传感器, 如有降水, 气温达 $-1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时也会产生冻结。因此, 采用加热装置时, 整个冬季都不能拆除, 需保持应急状态。
1.2.2 阈值分析 统计 2008—2020 年 1 月、2 月、12 月分钟数据报表(见表 2)。

表 2 2008—2020 年风向风速传感器冻结与解冻时部分气象要素变化情况表

Tab. 2 The change of some meteorological elements when wind direction and wind speed are frozen and thawed in 2008—2020

年份	风向风速被冻结 数据缺失时间	冻结过 程中气温 变化/℃	冻结前 1 min 气温 /℃, 相对湿度/%, 风向风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	解冻时气温/℃, 相对湿度/%, 风向风/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	备注
2008 年	1 月 21 日 14 时 01 分 —23 日 16 时 57 分	-2.4 ~ -3.4	-2.4, 90, 20/1.5	-2.4, 93, 34/2.6	
2010 年	2 月 11 日 16 时 35 分 —12 日 10 时 35 分	-0.8 ~ -2.0	-0.8, 86, 22/0.1	-1.1, 63, 52/0.8	
	12 月 15 日 10 时 29 分 —16 日 10 时 21 分	-0.1 ~ -4.2	-0.1, 93, 29/0.9	-1.2, 80, 234/0.4	
2011 年	1 月 1 日 21 时 28 分 —07 日 15 时 11 分	-0.3 ~ -4.0	-2.4, 93, 23/0.7	0.3, 70, 239/1.0	
2012 年	12 月 26 日 05 时 22 分 —27 日 14 时 46 分	1.0 ~ -0.9	0.0, 97, 32/0.1	1.0, 89, 5/0.1	
2013 年	2 月 8 日 04 时 33 分 —9 日 14 时 39 分	0.9 ~ -2.8	-0.0, 95, 22/0.1	0.9, 83, 126/0.6	达 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度达 82%, 以 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$ 增温, 可以自然解冻
2014 年	2 月 8 日 18 时 36 分 —11 日 13 时 26 分	0.3 ~ -3.7	0.3, 92, 39/1.0	-1.3, 45, 29/0.9	以 $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$ 增温, 可以自然 解冻
2015 年	1 月 28 日 16 时 45 分 —2 月 1 日 22 时 06 分	0.2 ~ -1.4	0.2, 94, 29/0.5	0.4, 95, 41/1.2	风速先冻 16 min 后风向冻结, 风 向解冻滞后风速解冻 17 min
2016 年	1 月 20 日 05 时 03 分 —10 时 13 分	0.0 ~ 0.4	0.1, 93, 37/0.3	0.4, 93, 41/1.0	
2017 年					无风要素冻结

续表 2

年份	风向风速被冻结数据缺测时间	冻结过程中气温变化/℃	冻结前 1 min 气温/℃,相对湿度/% , 风向风速/(m·s ⁻¹)	解冻时气温/℃ , 相对湿度/% , 风向风速/(m·s ⁻¹)	备注
2018 年	1 月 25 日 01 时 35 分—30 日 11 时 43 分	0.2 ~ -4.4	0.2,96,22/0.5	-1.1,79,48/0.4	
	12 月 8 日 01 时 19 分—11 日 09 时 14 分	0.5 ~ -2.5	0.3,94,28/2.5	0.5,93,30/1.3	
2019 年	2 月 8 日 24 时 13 分—11 日 14 时 60 分	0.4 ~ -1.7	0.2,95,19/0.3	1.4,77,107/1.0	2 月 17 日风速缺测,2 月 17 日 19 时 22 分启动加热装置,19 时 27 分恢复正常
	2 月 17 日 17 时 36 分—19 时 27 分	0.0 ~ -1.0	0.0,96,25/0.9	-0.3,93,7/0.2	
2020 年	12 月 14 日 06 时 08 分—08 时 45 分	0.3 ~ -1.7	0.3,91,29/0.4	-1.0,91,25/0.9	12 月 14 日 8 时 40 分通过加热风速传感器,8 时 46 分恢复正常
2021 年	7 日和 17 日为雨雪天气				1 月 6 日和 16 日分别启动加热装置

从表 2 可知,风向风速冻结时前 1 min 气温在 0.3 ~ -2.4 ℃ 之间、风速在 0.1 ~ 2.5 m·s⁻¹、相对湿度 86% ~ 97%,风向风速自然解冻时气温在 0.5 ~ -1.3 ℃ 之间、风速在 0.1 ~ 2.6 m·s⁻¹、相对湿度 63% ~ 95%。查询月报表发现,所有被冻结的时段都是前期有持续冻雨或雨雪天气发生。因此,采用加热法防止风向风速冻结,至少设置 0.3 ℃ 时启动加热装置,上限根据本地历史凝冻程度灵活设置。

2 加热法试验情况

2.1 风向风速传感器冻结监测分析

2019 年以来,通过对三穗国家基准气候站主站以及备用站的 ZQZ-TF 风向、风速传感器冻结状况观察,发现其冻结方向均在偏北方位,于正北方 120° 范围内形成覆冰。随着冰雪、冻雨时间延长,致使风速、风向机械传感器转动部位及上下边缘覆冰层层叠加,累积成较大范围的冰块,阻碍风速传感器随风旋转速度和风向摆动,当风速达到 2.5 m·s⁻¹ (见表 2) 以下时,就能将风速、风向传感器牢牢冻住,此时风速为“0”,风向长时间停滞在一个方向不能随风摆动,造成风速、风向数据失真,不能正确反映一段时间的实况。监测发现,当温度保持在 0.5 ℃ 以上时,借助风向、风速传感器的转速,是不容易被冻结的,只有在温度一降再降或一直维持数分钟 0.3 ℃ 以下 (见表 2),才会发生冻结。

2.2 试验情况分析

2019 年 1 月以来,采用 220V 加热带进行试验,又用 USB 鼠标暖手垫中的加热线试验,后改用 12V 碳纤维发热片进行加热试验,在 2019 年 2 月后的 4 次冻结过程中能保证风速、风向传感器正常运行,

数据监测传输正常。

2019 年 2 月 17 日风速缺测,2 月 17 日 19 时 26 分启动加热装置,19 时 27 分风速传感器开始转动,此时风速达到 0.2 m·s⁻¹,因冻结时间不长,冰层不厚,加热用时不长。

2020 年 12 月 14 日 08 时 40 分开启加热装置加热主站风速传感器,08 时 46 分有数据传输,据监测,一共加热了 4 min 42 s 后风速转动正常;因备份站一直加热,无数据缺测,而主站因冻结共造成缺测 2 h 38 min,加热装备启动后没有发生冻结现象。

2021 年 1 月 7 日和 17 日为雨雪天气,1 月 6 日和 16 日分别设置好智能加热温控仪,启动加热装置,2021 年 1 月、2 月没有出现风向风速传感器冻结现象,由此可见,采用此方法是有效的。

在测试过程中,采用 OPPO 电源适配器,型号 CF1001,输入电压 100 ~ 240 ~ 50/60 Hz 0.2 A,输出为 5V = 1000 mA;三星充电器,型号 EP-TA10CBC,输入电压 100 ~ 240 ~ 50/60 Hz 0.35 A,输出为 5.3 V = 2.0 A;NOKIA 充电器,型号 AC-8C,输入电压 100 ~ 240 ~ 50/60 Hz 150 mA,输出为 5.3 V = 600 mA;3 种充电器加热时 (碳纤维发热片电线长 1.2 m),2 min 后均加热到 35 ℃ 及以上,最后在 55 ℃ 左右就没有再升温。如将碳纤维发热片卷曲放入 30 mL 注射器中进行加热,10 min 后可以将其软化,再继续加热,可将 30 mL 注射器融变形。由此可以判断,碳纤维发热片在敞开的环境中加热,温度是有上限的。测试用其卷曲包裹在风向、风速传感器的转动轴下方,连续加热 1 周无异常 (室内)。可见,将其覆盖包裹在室外的 ZQZ-TF 风向、风速传感器上加热,因直接接触空气,冬天温度低,容易散热,

开启一周的时间是不会发生异常的。

2.3 加热装置分析

碳纤维发热片为 DIY 暖脚宝、鼠标垫、暖手套、电热膜等方面运用,功率 10 W,发热均匀,发热量低。

本文防冻装置采用碳纤维发热片 4 片(1.2 m

长透明塑料膜 8 cm × 10 cm),集线器 1 根(4 口 USB2.0),温控仪 1 台(XH—W1412 牌 LCD 微电脑数字显示),手机充电器 1 台(5V 单 USB 口),电源线 1 根(15 m),风向、风速传感器加装加热片系统如图 1a,发热片安装效果如图 1b,其成本价在人民币 200 元以内。

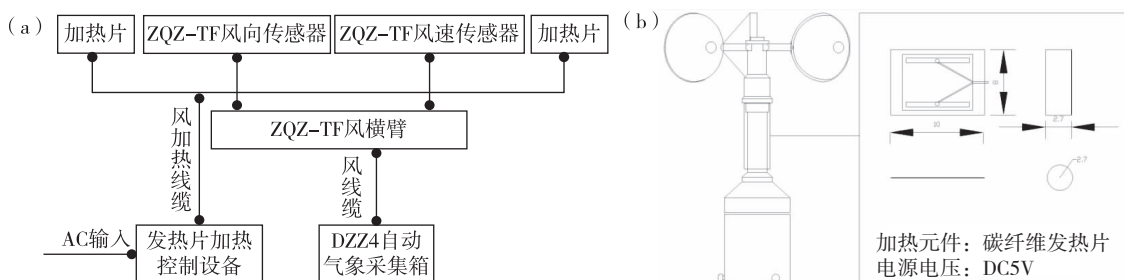


图 1 加装加热器系统框架图(a),外置碳纤维发热片安装效果图(b)

Fig. 1 Add heater system(a), external heating plate installation(b)

利用可调控温 XH—W1412 微电脑 LCD 数字温控仪(以下简称温控仪),对风向风速传感器周围的环境温度进行实时监测,当温度传感器(NTC10k 热敏电阻)感应到周围环境温度低于设定的临界温度时,控温仪继电输出,启动加热片进行加热。当温度上升到高于设定的临界温度时,加热自动断开,从而达到风向风速传感器防冻的目的。根据阈值分析结果,本试验控制加热到 2.0 °C 停止,低于 0.5 °C 时再加热,即设定启动值为 0.5 °C 停止为 2.0 °C。

3 结论

①三穗国家基准气候站冬季风向、风速传感器冻结率达 85% 以上,冻结时间最长为 128 h;风向、风速传感器冻结前 1 min 气温在 0.3 ~ -2.4 °C 之间、风速 0.1 ~ 2.5 m · s⁻¹、相对湿度 86% ~ 97%;风向、风速传感器自然解冻时气温在 0.5 ~ -1.3 °C 之间、风速 0.1 ~ 2.6 m · s⁻¹、相对湿度 63% ~ 95%。

②三穗国家基准气候站温控仪阈值设定启动值为 0.5 °C、停止为 2.0 °C 适宜;当气温保持在 0.5 °C 以上时,借助风向、风速传感器的机械转速,不容易被冻结。

③该防冻装置在三穗国家基准气候站运行设备上外场试验,操作过程简捷,实验效果明显,对保障冬季风向、风速数据正常监测与传输具有实用

价值。

④该防冻装置加热功率低,装置具有很高的安全性、可靠性、稳定性,用碳纤维发热片加热方法简单、经济实惠、耐用、具有可移植性;研究团队将尝试将其运用于双翻斗雨量等气象监测设备的冬季观测。

参考文献

- [1] 张雅昕,伍秀莲,王方升.自动站风向、风速传感器防冻自动保温系统的研究[J].气象研究与应用,2013,34(3):72-74.
- [2] 柯莉萍,陈银东,张玉逵,等.基于单片机的风向风速传感器防冻装置设计[J].气象水文海洋仪器,2020,37(2):40-42.
- [3] 马晓璐.浅谈风向、风速传感器冻结时的处理方法[J].能源科学技术,2016,1(9):56.
- [4] 高国明,和文仙,杨春香.用 AutoCAD 绘制人工影响天气作业点安全射界图的方法[J].中低纬山地气象,2018,42(6):64-66.
- [5] 益西卓玛,冉光辉,白宇轩.冬季不同天空状况下三种日照测量仪器比较[J].中低纬山地气象,2020,44(2):98-101.
- [6] 池再香,龚雪芹,莫庆忠,等.秋种马铃薯晚疫病气候试验研究[J].中低纬山地气象,2020,44(3):1-4.
- [7] 汪卫平,曹蔚,周毓,等.2008 年贵州省持续性雨淞过程气候成因分析[J].中低纬山地气象,2020,44(5):11-18.
- [8] 吴丽娜,宋媛,雷晓妹,等.自动气象站风向传感器校准方法探讨[J].气象水文海洋仪器,2021,38(4):68-70.
- [9] 吴举秀,黄磊,边文超,等.识别区域站风传感器现场核查时机的方法研究[J].气象水文海洋仪器,2021,38(4):26-28.
- [10] 张占文.风传感器故障检测与诊断[J].气象水文海洋仪器,2020,37(1):91-93.