

丁善文,王峰,宋传经,等.自动气象站风传感器防冻装置设计[J].陕西气象,2020(3):58-61.

文章编号:1006-4354(2020)03-0058-04

自动气象站风传感器防冻装置设计

丁善文¹,王峰²,宋传经³,毕于健¹

(1. 泰安市气象局,山东泰安 271000;2. 滨州市气象局,山东滨州 2566003;
3. 山东省气象局;济南 250031)

摘要:为解决结冰期国家级自动气象观测站风传感器易被雨(雪、雾凇等)冻住而无法自动观测的问题,在分析、改进现有风传感器防冻装置设计缺陷的基础上,采用面状加热和智能双温控等技术,设计了风传感器智能防冻解冻装置,将防冻解冻、智能控制等功能集成。经试验分析和业务应用表明,该装置既不影响风向风速数据采集准确性,又有热效率高、业务实用性强、防冻效果好等特点,可适用于我国多数气象观测站风传感器的防冻解冻应用需求。

关键词:自动气象站;风传感器;防冻解冻;智能温控;

中图分类号:P414

文献标识码:B

目前,我国国家级自动气象站装配的风传感器主要有 ZQZ-TFX(S)和 EL15-2(1)C 风向(风速)传感器两种型号^[1],均属于金属壳体转动型风传感器。结冰期我国北方国家级气象观测站的风传感器经常出现被雨(雪、雾凇等)冻住的情况(下简称冻风现象)^[2-4],造成自动观测风向风速资料缺失。少数气象观测站现用的风传感器解冻装置不同程度存在设计缺陷:①采用高电压设计,易造成强电干扰^[5];②不能实现自动温控功能;③加热器无保温层(热耗损大),不适宜在较寒冷的环境工作;④加热器无防水等设计易发生故障;⑤没有实现工作状态监控功能;⑥仅设计风速防冻而未考虑风向的防冻方案等^[6]。针对现有风防冻装置设计的缺陷进行优化,在不影响风传感器正常感应、输出数据的前提下,设计普遍适用于不同环境温度条件下风传感器防冻解冻智能加热装置(下简称风防冻装置),将防冻解冻、智能控制和运行状态监控等功能集成,以解决结冰期国家级气象观测站冻风现象,提高风传感器采集数据的可用性。

1 结构与原理

风防冻装置由加热器、监控器、连接件等部件组成。加热器内置温度传感器、常闭型温控开关(55℃),外部加装保护罩;监控器主要由直流电源、温控电路、应急加热电路、数显电压电流表、短路保护器等组成;连接件包括加热用防水防冻电缆、温控信号线、防水接线盒等,如图1所示。

风防冻装置运行分为正常工作和应急工作模式。正常工作模式工作原理:监控器内置直流电源提供 DC12V 输出,为监控器内部电路和外部加热器供电。温度传感器通过监控信号线连接到监控器内的温控电路,当被加热区温度达到设定温度上限时,温控电路自动断开加热回路,停止加热;当被加热区温度缓慢下降到设定的温度下限时,温控电路自动接通加热回路,继续加热,依次循环工作。应急工作模式工作原理:直流电源输出 DC12V 为加热器供电,当被加热区温度达动作温度(55℃,由温控开关温度分类型号限定)时,加热器内置的常闭温控开关自动断开,停止加热;当被加热区温度降到恢复温度^[7]时触点自动

收稿日期:2019-10-28

作者简介:丁善文(1971—),男,汉族,山东枣庄人,高工,主要从事大气探测与装备保障技术研究。

基金项目:山东省气象局气象科学技术研究项目(2017sdqxm14)

闭合,恢复加热工作状态,如此循环以实现风传感器间歇性加热。

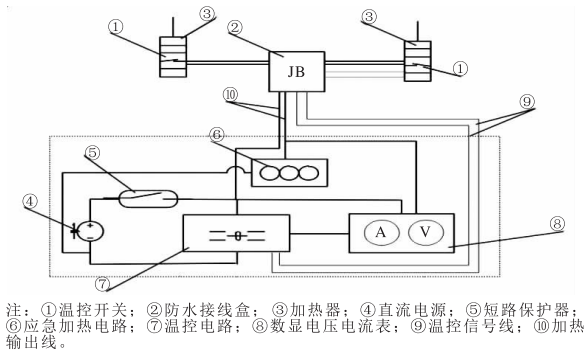


图1 风防冻装置结构示意图

2 主要设计方案及特点

2.1 控制电路设计

风防冻装置所有控制电路集成到监控器内(图1中虚线框部分)。各部件按照不同组合分别构成了正常工作回路和应急工作回路。

正常工作回路:温控电路和数显电压电流表模块均正常时,应急加热电路内部电路为开路状态,直流电源、短路保护器、加热器、温控电路和数显电压电流表形成正常工作回路。温控电路是控制核心部件,采用新唐(nuvoton)高速1T 8051单片机(N76E003)设计,工作温度 $-40\sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$,具有宽电压、高抗干扰能力,以松乐继电器SRD-12VDC-SL-A(10 A)作为输出开关。温控电路内置芯片据用户预先设定的温度阈值和温度传感器感应的实时温度自动控制该回路断通,实现对风传感器的间歇性加热。温控电路模块的数码管实时显示风传感器壳体温度(T),设计刷新速度 0.5 s/次 ,数显电压电流表实时显示工作电路的电压(U)、电流(I)值,设计刷新速度 0.3 s/次 ,可据此判断加热器工作状态,规则见表1。

应急工作回路:当温控电路和(或)数显电压电流表出现故障时,应急加热电路内部电路处于闭路状态,由直流电源、短路保护器、加热器和应急加热电路构成应急工作回路。以加热器内置常闭温控开关实现控温,加热区温度由温控开关的恢复温度上升到动作温度时段,加热器自动持续对风传感器加热;加热区温度由温控开关的动作温度下降到恢复温度时段,加热器停止加热。应

急工作模式下,仅温控电路出现故障,电压表仍可正常显示当前工作电压,电流表示值恒为 0.0 A (非回路部件);否则无法实现任何状态监控。

表1 风防冻装置监控值与运行状态对照表

监测值($T/^{\circ}\text{C}$, U/V , I/A)	风防冻装置状态
T 降低, U 、 I 均无显示	停止加热
T 升高, $U\approx U_0$, $I\approx I_0$	持续加热
T 升高, $I\approx I_0/2$	风向加热器故障
T 不变, $I\approx I_0/2$	风速加热器故障
$U=0$, $I=0$	断路,不能正常工作

注: U_0 、 I_0 分别表示设备正常工作时的电压、电流。

当整个工作电路中出现短路致电流涌升且超过限定值,短路保护器自动跳断,实现对上述两种回路内各部件的保护。在检查并修复故障点后,可手动按下短路保护器按钮恢复电路连通。

2.2 加热器设计

2.2.1 加热材料的筛选和定制 根据面状加热设计要求,通过对各类发热板(膜)、陶瓷发热元件(片)等的加热效果反复筛选^[8],在避免影响观测数据准确性的前提下,选用硅橡胶加热片为风防冻装置的加热元件。该加热片主要由镍铬合金电热丝和硅橡胶高温绝缘层组成,厚度约 1.5 mm ,耐温范围 $-60\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$,具有防水、耐酸碱、耐干烧、热效率高、可塑性强等特点。可根据功率、尺寸、形状等不同需求进行灵活定制。根据实验结果,结合ZQZ-TFX(S)、EL15-2(1)C两种风传感器的壳体质量差异,分别定制加热功能为 23 W 、 32 W 两种硅橡胶加热片,并在加热片中间开 $1\times 2\text{ cm}$ 方孔来安装温控开关。加热装置安装时温控开关感应部分(与加热片在同一平面)会与风传感器壳体紧贴,以准确感应风传感器加热区壳体温度。

2.2.2 加热器保护罩设计 分别选取聚酯、尼龙、ABS等材料制作保护罩样品,经试用效果对比,并综合考虑强度、柔韧性和室外耐老化等需要,选定ABS材质加工加热器保护罩。设计保护罩壳体厚度 3 mm ,依风传感器加热部分壳体形状铸形,每套保护罩对分为两个对称半圆柱壳体,

上下沿收口处理,下部收口斜面设计出线孔(由两半圆孔对扣而成),两半圆壳体对扣后用直径4 mm螺丝固定即完成安装。加热器保护罩能防止雨雪侵蚀加热器,并有保温、防水作用。安装时须注意避免影响风传感器转动部分正常工作。

2.2.3 其它部件选定 加热器内置测温部件选用负温度系数热敏电阻式(NTC10K)温度传感器(风传感器高度环境温度与百叶箱气温差异明显,台站观测气温值不能作为温控依据^[9]),测量分辨率0.1℃,测温范围-50~110℃。选用KSD9700常闭型(额定电流5 A)金属壳体温控开关,具有体积小、外壳绝缘、动作灵敏、寿命长等特点。

2.3 设计特点

本风加热装置的设计充分考虑了现有同类装置优点,并对设计缺陷有针对性地改进。设计完成后的风加热装置主要有以下特点。

(1)加热器安全高效。整个装置采用DC12V安全电压设计,避免产生强电干扰;加热片与被加热壳体密贴安装^[10],以面状发热方式在自动控温下间歇性加热,避免同类设备采用高电压、高功率电热丝等进行局部加热可能对加热点附近风传感器的内部电子器件造成影响或损坏;加热片外部保温层能有效减少热量耗损,进一步提高加热效率,保障在较寒冷环境温度条件下的加热效果;加热器内置的温控开关,能防止加热片过热而烧坏表面绝缘层,保障风传感器温度不超出其正常工作环境温度要求范围;最外层的防护罩,既有防水、防晒、保温功能,又可对加热器起到保护作用。

(2)实现了智能控制和运行状态监控。智能温控电路可以自动控制加热器工作,不需要人工干预。监控器内置的数显电压电流表,可实时显示当前的工作电压、电流,供业务人员随时查看设备工作状态(表1),避免风加热装置出现故障不能及时发现而造成冻风现象发生。

(3)防冻解冻效果明显。试用表明,安装并正常启用该风防冻装置可持续保障风传感器不被冻住。研究表明,气温在-5.0~0.0℃、平均风速≤5 m/s、相对湿度>80%,是积冰易发气象要素指标^[8]。在此气象条件下,且覆冰厚度1~2 mm

情况下启用该风防冻装置可在5~10 min实现解冻。

(4)具有普遍适用性。目前,国家级气象观测站以ZQZ-TFX(S)、EL15-2(1)C等金属壳体的风传感器装配为主,在非极端气候条件下,该风防冻装置能普遍适用于多数气象观测站结冰期风传感器的防冻解冻需求。

(5)设计了应急工作模式。应急工作回路中不含易损元器件,可稳定长时间工作。当控制器内主要元器件因老化等原因出现故障,可立即启动应急工作模式,保障雨雪天气下的持续防冻解冻需求,不致发生冻风现象。

3 试验与数据分析

3.1 试验方法和资料获取

为验证风防冻装置是否对风向风速观测记录造成影响,选取泰安市宁阳县国家气象观测站现用自动气象站(简称现用站)和备用自动气象站(简称备用站)的风传感器对比观测试验。两套自动站的风传感器设备型号及安装高度均相同,安装在同一风塔上。仅在备用站风传感器上安装风防冻装置,试验时段风防冻装置持续加电运行。选取试验时段内(2017-03-01T21-04-30T20,北京时)逐小时风向风速观测资料进行对比分析。

3.2 数据分析

用差值法分析两套风速传感器风速观测值差异情况^[11]。设 A_i 为现用站第 i 次风速观测值, U_i 为相应时次备用站风速观测值,则第 i 次的差值为 $x_i=U_i-A_i$ 。设对比观测次数为 n ,则差值的平均值 \bar{x} 为

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}。$$

以试验时段内逐时观测的风速值进行计算,其间所有时次观测值均可用($n=1\ 464$),得到对比时段风速差值平均值 $\bar{x}=0.0$ m/s。可看出,备用站安装风防冻装置后对风速观测值无影响。

用风向相符率评估两套风向传感器观测值差异情况^[11]。分别对宁阳观测站的现用站和备用站在试验时段内的风向观测数据逐时次分析处理;先剔除静风(风速≤0.2 m/s)和风向缺测时次

观测值(315次),以剩余的观测次数作为对比总次数(1149次),当现用站和备用站风向角度差 $<22.5^\circ$,即认为两者相符,

$$\text{相符率} = \frac{\text{相符次数}}{\text{对比总次数}} \times 100\% \quad (1)$$

经(1)式计算,得到试验时段内风向相符率为

表2 2016年12月—2018年11月泰安市宁阳站现用站和备用站逐月风向相符率

月份	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
风向相符率/%	78.2	70.1	64.8	69.3	63.7	62.1	58.5	65.9	85.8	81.5	72.5	68.9

利用风向相符率公式计算该站2016—2018年3—4月风向相符率为66.4%。可以看出,该风向相符率与2017年试验时段风向相符率66.3%相差很小,在正常波动范围内。可以认为,备用站安装了风防冻装置后,对风向观测无影响。

4 试用及推广应用

(1)试用情况。2017年12月—2018年3月,山东省10地市58个国家级自动气象站安装、试用了该风防冻装置。在气温 $\geq -15^\circ\text{C}$ (试用期间未出现更低气温)时,该设备能持续保障风传感器的防冻效果,安装并正常启用该风防冻装置的台站均未发生冻风现象。试用期间,设备运行稳定,各试用台站设备均未出现设备故障。

(2)业务推广应用。2018年9月该风防冻装置通过山东省气象局专家评估验收,2019年在全省所有国家级气象台站推广应用,取得良好应用效果。

5 小结

(1)解决转动型风传感器冻风问题,关键是防止风传感器转动部分与非转动壳体连接处缝隙被冻住。采用可控加热方式,让风传感器壳体整体升温,使雨(雪、雾凇等)等无法在风传感器壳体上冻结,能有效保障风传感器的正常工作。

(2)不影响风传感器数据采集的准确性是设计风防冻装置的前提。该风防冻装置采用智能双重温控,确保加热温度在风传感器工作环境温度范围之内;试验结果表明,安装该风防冻装置对自动气象站风传感器的观测数据准确性无影响。

(3)壳体加热法只适用于导热性好的金属壳

66.3%。采用宁阳站2016年12月(现用及备用站开始双轨运行)至2018年11月风向观测数据进行统计,得到现用站与备用站逐月风向相符率(表2)。经分析,该站风向相符率有明显的季节变化,秋季(9—11月)最大、春季(3—5月)最小。

体风传感器防冻解冻,壳体由导热性差的材料制造的风传感器防冻解冻问题,不适用此方法。

参考文献:

- [1] 中国气象局气象探测中心. 新型自动气象站实用手册[M]. 北京:气象出版社,2016:104-112.
- [2] 姚秋云,杨晓蕊,王爱萍,等. 冻雨天气如何确保风的正常观测[J]. 贵州气象,2012,36(4):63-64.
- [3] 张瑞,黄治国. 浅析冻雨天气自动站风向风速的观测[J]. 科技风,2012(4):87.
- [4] 白水城,黄增林,李崇富,等. 温控风杯防冻仪的研制[J]. 陕西气象,2008(5):39-40.
- [5] 许继武. 风向风速计的防冰方法及非转动型防冰测风仪器[J]. 气象科技,1982(6):78-84.
- [6] 李广智. 自动站风速传感器电加热方案[J]. 吉林气象,2006(2):44.
- [7] Ksd9700 温控开关工作原理_结构及应用. [ED/OL]. (2018-02-08)[2019-07-12]. <http://www.elecfans.com/yuanqijian/kaiguan/20180208632426.html>.
- [8] 袁佰顺,尹宪志,徐启运,等. 自动气象站风传感器防冻控制电路设计[J]. 干旱气象,2009,27(1):88-89.
- [9] 尹宪志,张强,胡文超,等. 自动气象站风传感器雨雾凇冻害研究[J]. 高原气象,2011,30(3):837-842.
- [10] 孙文良,孙丘宁,任德发,等. 自动气象站风传感器加热器的研制与实现[J]. 气象水文海洋仪器,2009,26(1):32-34.
- [11] 苑跃,赵晓莉,王英,等. 自动与人工观测风速和风向的差异分析[J]. 气象,2011,37(4):490-496.