

于进江. ZQZ-TSF 超声波测风仪与 ZQZ-TF 测风传感器观测对比分析[J]. 陕西气象, 2025(5): 76-81.

文章编号: 1006-4354(2025)05-0076-06

ZQZ-TSF 超声波测风仪与 ZQZ-TF 测风传感器观测对比分析

于进江

(华山气象站, 陕西渭南 714200)

摘要:选取华山气象站 2022 年 1—12 月 ZQZ-TSF 超声波测风仪与 ZQZ-TF 测风传感器观测资料,对两种仪器在同一环境下二分钟、十分钟、最大和极大风向风速变化特征,以及实际运行情况进行对比分析。结果表明:二分钟和十分钟月平均风速,ZQZ-TF 测风传感器高于 ZQZ-TSF 超声波测风仪 0.3 m/s 左右,最大差异出现在 12 月,为 0.7~0.8 m/s。两者的最大和极大风速 4 月差异较大,最大平均风速相差 5.1 m/s,极大平均风速相差 9.3 m/s。最大风速所对应的风向仅 6 月差异较大,极大风速所对应的风向两者基本一致。两种测风仪器最多风向在夏季基本一致,其它季节均相差 45°。在风速阈值占比方面,两种测风仪器在观测风速 ≤ 5.0 m/s 时一致性较好,而在观测风速 > 5.0 m/s 时一致性相对较低。ZQZ-TSF 超声波测风仪在雨雪冰冻天气下的防冻解冻效果优于 ZQZ-TF 测风传感器。

关键词:超声波;测风传感器;风向风速

中图分类号:P412.16

文献标识码:A

风是空气运动所产生的气流,地面气象观测中测量的风是二维矢量,用风向风速表示^[1]。风作为一种重要的自然现象,与人类社会的生产生活密切相关。随着科技的进步,各类测风仪器在相关领域的应用日益广泛。众多学者的研究表明,不同型号的测风仪器在测量精度、响应时间和测量范围等性能指标上存在差异,在实际运行中的表现亦呈现多样化的特征^[2-7]。张世昌等^[8]利用 WMT52 超声波风速传感器与 EL15A 风传感器观测数据进行对比分析,认为这两种测风仪器在风速和风向探测数据上具有一定的通用性。薛笋笋等^[9]利用 EZC 超声波测风仪和 EL15-C 风速风向传感器的观测数据进行分析,发现超声波测风仪在各季节的风速和风向数据普遍低于风速风向传感器。从以往的研究情况看,研究不同类型测风仪器有助于优化测风仪器的选用和配置,提高观测数据的准确性和可靠性。2021 年华山

气象站安装 ZQZ-TSF 超声波测风仪,与现用 ZQZ-TF 测风传感器间距为 8 m。分析这两种测风仪器在同一环境下风向风速的差异,以期为该领域的研究提供依据,也为国内高寒或高山观测站测风仪器选型提供参考。

1 资料来源

所用资料为华山站 2022 年 1—12 月的 ZQZ-TSF 超声波测风仪和 ZQZ-TF 测风传感器的二分钟、十分钟平均风向风速,以及各月最大、极大风向风速等观测资料。四季划分:3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,1—2 月和 12 月为冬季。

2 数据处理

ZQZ-TSF 超声波测风仪和 ZQZ-TF 测风传感器每分钟记录一次风向风速,在数据分析过程中,两种测风仪器其中一种或两种同时数据有缺测,则予以剔除。

收稿日期:2024-05-23

作者简介:于进江(1973—),男,汉族,陕西大荔县人,本科,高工,从事综合气象管理。

2.1 风速

一般情况下,平均风速主要分为二分钟和十分钟平均风速。二分钟平均风速是以 1 s 为时间步长计算,十分钟平均风速是以 1 min 为时间步长计算。二分钟、十分钟月平均风速为月内日平均值的算术平均值。月最大、极大风速从逐日最

大、极大风速中选取。

2.2 风向

风向用 16 个方位表示,两者的对应关系如表 1 所示^[10]。二分钟、十分钟风向为平均风速对应的平均风向。月最大、极大风向为月最大、极大风速对应的风向。

表 1 风向对应表

方位	符号	中心角度/(°)	角度范围/(°)	方位	符号	中心角度/(°)	角度范围/(°)
北	N	0.0	348.76~11.25	南	S	180.0	168.76~191.25
北东北	NNE	22.5	11.26~33.75	南西南	SSW	202.5	191.26~213.75
东北	NE	45.0	33.76~56.25	西南	SW	225.0	213.76~236.25
东东北	ENE	67.5	56.26~78.75	西西南	WSW	247.5	236.26~258.75
东	E	90.0	78.76~101.25	西	W	270.0	258.76~281.25
东东南	ESE	112.5	101.26~123.75	西西北	WNW	292.5	281.26~303.75
东南	SE	135.0	123.76~146.25	西北	NW	315.0	303.76~326.25
南东南	SSE	157.5	146.26~168.75	北西北	NNW	337.5	326.26~348.75

2.3 风向频次

某风向月频次是指月内该风向(二分钟平均风向)出现的次数占全月各风向记录总次数的百分比。

3 结果分析

3.1 月平均风速

图 1 为华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪和 ZQZ-TF 测风传感器观测的二分钟、十分

钟月平均风速对比。从图 1 可以看出,2022 年各月 ZQZ-TF 测风传感器的二分钟月平均风速高于 ZQZ-TSF 超声波测风仪的,最大值出现在 12 月,为 0.7 m/s,其他月份在 0.1~0.4 m/s,平均为 0.3 m/s。ZQZ-TF 测风传感器的十分钟月平均风速高于 ZQZ-TSF 超声波测风仪的,最大值出现在 12 月,为 0.8 m/s,其他月份在 0.1~0.4 m/s,平均为 0.3 m/s。

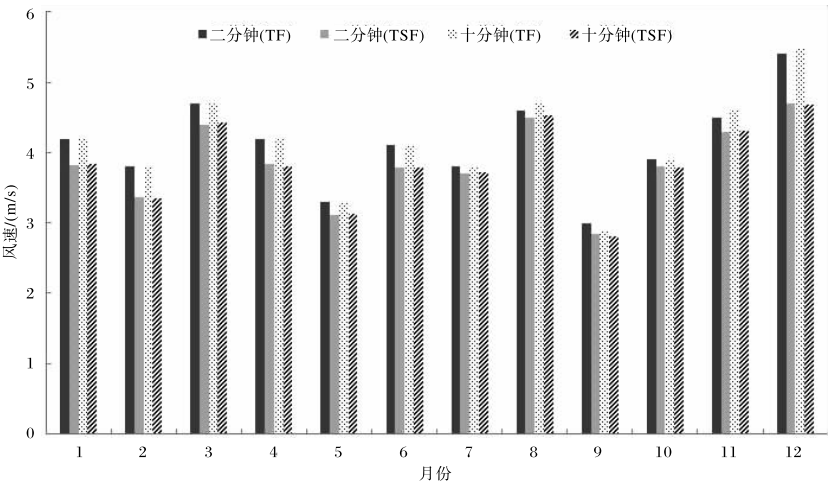


图 1 华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪和 ZQZ-TF 测风传感器观测的月平均风速对比

3.2 月最大、极大风速风向

3.2.1 月最大、极大风速 图2为华山站2022年ZQZ-TSF超声波测风仪和ZQZ-TF测风传感器观测的月最大、极大风速对比。从图2可以看出,2022年ZQZ-TF测风传感器的月最大风速仅在8月低于ZQZ-TSF超声波测风仪风速0.6 m/s,其他月份均高于ZQZ-TSF超声波测风

仪,最大值出现在4月,为5.1 m/s,其次是12月2.7 m/s和6月1.6 m/s,其他月份在1.0 m/s以下,平均为1.0 m/s。ZQZ-TF测风传感器的极大风速均高于ZQZ-TSF超声波测风仪,最大值出现在4月,为9.3 m/s,其次是10月3.3 m/s,其他月份在2.4 m/s以下,平均为2.4 m/s。

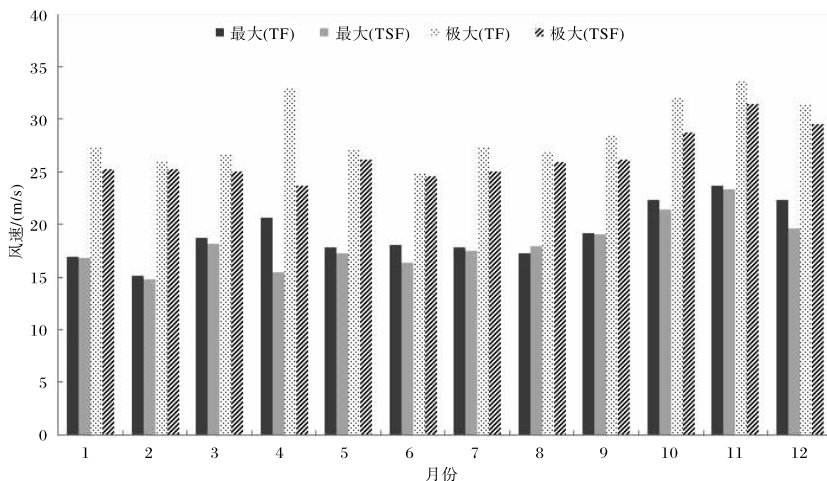


图2 华山站2022年ZQZ-TSF超声波测风仪和ZQZ-TF测风传感器观测的月最大、极大风速对比

3.2.2 月最大、极大风向 图3为华山站2022年ZQZ-TSF超声波测风仪和ZQZ-TF测风传感器观测的月最大、极大风向对比。从图3可以看出,2022年ZQZ-TF测风传感器和ZQZ-TSF超声波测风仪6月最大风速对应的风向差异较大,分别为 281° 和 117° ,其他月份差异较小。ZQZ-TF测风传感器和ZQZ-TSF超声波测风仪5月极大风速对应的风向差异较大,分别为 191° 和 120° ,其他月份差异较小。

3.3 风向频次

为了深入了解ZQZ-TF测风传感器和ZQZ-TSF超声波测风仪在风向观测上的一致性,并分析两者之间的差异,采用逐日24 h连续观测数据,对风向频次进行统计。

3.3.1 月风向频次 从2022年1—12月ZQZ-TF测风传感器观测的逐月风向频次来看,1—2月WSW风向出现频次最高,3、10月SW风向出现频次最高,4、5、9、12月W风向出现频次最高,6月ESE风向出现频次最高,7、8、11月SSW风

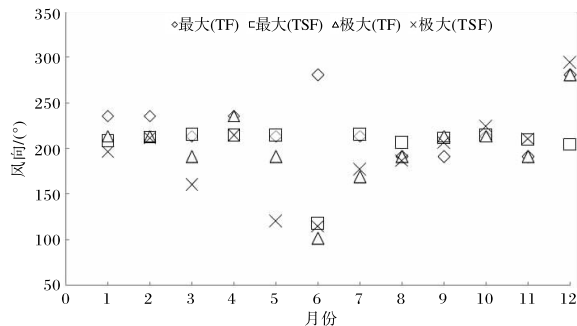


图3 华山站2022年ZQZ-TSF超声波测风仪和ZQZ-TF测风传感器观测的月最大、极大风向对比

向出现频次最高。

从2022年1—12月ZQZ-TSF超声波测风仪观测的逐月风向频次来看,1月W风向出现频次最高,2、4月WSW风向出现频次最高,3、5、10月SW风向出现频次最高,6、12月WNW风向出现频次最高,7、8、11月SSW风向出现频次最高,9月ESE风向出现频次最高。

3.3.2 四季风向频次 图4为华山站2022年ZQZ-TSF超声波测风仪和ZQZ-TF测风传感

器观测的四季风向频次对比。从图 4 可以看出, 2022 年 ZQZ-TF 测风传感器春季 W 风向出现频次最高, 达 40 次; 其次是 SW 和 ESE, 分别是 35 次和 33 次; 其他风向频次均在 30 次或以下。ZQZ-TSF 超声波测风仪春季 SW 风向出现频次最高, 达 37 次, 其次是 ESE、WSW 和 WNW, 分别是 34 次、32 次和 31 次, 其他风向频次均在 30 次或以下。ZQZ-TF 测风传感器风杯式夏季 SSW 风向出现频次最高, 达 43 次; 其次是 SW 为 32 次; 其他风向频次均在 26 次以下。ZQZ-TSF 超声波测风仪夏季 SSW 风向出现频次最高, 达 50 次; 其次是 SW 为 38 次; 其他风向频次均在 26

次或以下。ZQZ-TF 测风传感器秋季 W 风向出现频次最高, 达 37 次; 其次是 SW 和 SSW, 分别为 36 次和 33 次; 其他风向频次均在 27 次或以下。ZQZ-TSF 超声波测风仪秋季 SW 风向出现频次最高, 达 40 次; 其次是 SSW 为 37 次; 其他风向频次均在 29 次或以下。ZQZ-TF 测风传感器冬季 WSW 风向出现频次最高, 达 65 次; 其次是 W、WNW 和 SW, 分别是 59 次、39 次和 37 次; 其他风向频次均在 21 次或以下。ZQZ-TSF 超声波测风仪冬季 WNW 风向出现频次最高, 达 51 次; 其次是 W 和 WSW, 分别是 47 次和 41 次; 其他风向频次均在 33 次或以下。

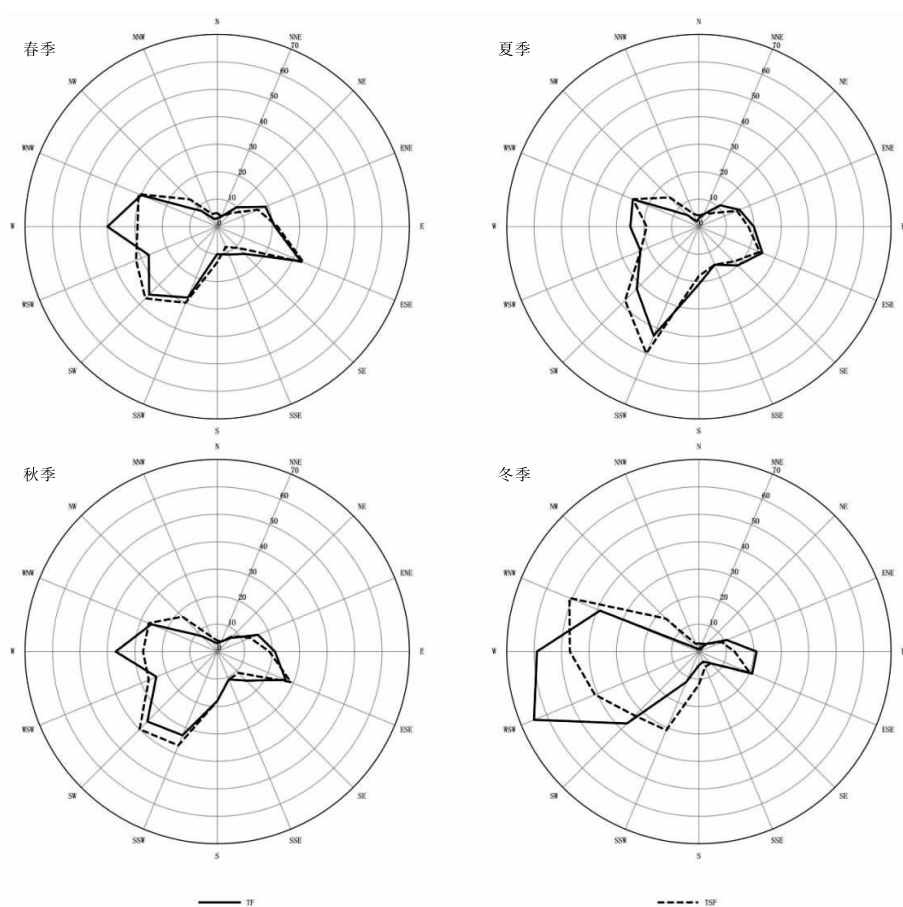


图 4 华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪和 ZQZ-TF 测风传感器观测的四季风向频次(单位:次)对比

3.4 风速阈值占比和缺测率

按照《地面气象观测规范》(以下简称“规范”)的要求:当风速 ≤ 5.0 m/s 或以下时,风速误差应该在 ± 0.5 m/s 以内;当风速 > 5.0 m/s 时,要求

风速误差应该在测量风速的 $\pm 10\%$ 以内。根据风向风速传感器使用要求,华山气象站所使用的 ZQZ-TF 测风传感器和 ZQZ-TSF 超声波测风仪符合规定标准。在实际工作中,将 ZQZ-TF 测

风传感器作为参照标准,将 ZQZ-TSF 超声波测风仪观测数据与之对比。将风速按照 ≤ 5.0 m/s 和 >5.0 m/s 两种情况,再分季节进行统计分析。

表 2 为华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪在风速 ≤ 5.0 m/s 时的误差范围内风速占比。从表 2 可以看出,当风速 ≤ 5.0 m/s 时,在 ± 0.5 m/s 允许误差范围内,ZQZ-TSF 超声波测风仪的二分钟风速秋季表现最好,其次是夏季,春、冬季偏低且较为接近;十分钟风速夏季表现最好,其次是秋、春季,冬季最低。

表 2 华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪
在风速 ≤ 5.0 m/s 时的误差范围内风速占比

季节	有效样本/个	二分钟/%	十分钟/%
春季	93 848	70.89	86.07
夏季	90 404	78.13	89.10
秋季	97 147	82.16	86.66
冬季	81 259	72.48	77.50

表 3 为华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪在风速 >5.0 m/s 时的误差范围内风速占比。从表 3 可以看出,当风速 >5.0 m/s 时,在 $\pm 10\%$ 允许误差范围内,ZQZ-TSF 超声波测风仪的二分钟夏季表现最好,其次是秋季,冬季最低;十分钟风速夏季表现最好,其次是秋季,冬季最低。

表 3 华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪
在风速 >5.0 m/s 时的误差范围内风速占比

季节	有效样本/个	二分钟/%	十分钟/%
春季	38 161	55.7	66.9
夏季	41 837	71.0	79.3
秋季	33 487	70.4	73.4
冬季	27 162	42.9	50.5

表 4 为华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪观测样本及缺测情况统计。从表 4 可以看出,春夏秋三季有效样本数较高,缺测率均在 0.4% 以下。夏季数据缺测原因不明,为偶尔引起的;春秋两季的数据缺测主要是雨雪天气导致测

风仪器冻结所致;冬季的缺测率明显偏高,为 16.3% ,经分析主要原因是仪器故障和测风仪器冻结导致数据缺测。

表 4 华山站 2022 年 ZQZ-TSF 超声波测风仪
观测样本及缺测情况统计

季节	总样本数/个	有效样本数/个	缺测数/个	缺测率/%
春季	132 480	132 009	471	0.4
夏季	132 480	132 241	239	0.2
秋季	131 040	130 634	406	0.3
冬季	129 600	108 421	21 179	16.3

3.5 仪器防冻解冻对比

目前,ZQZ-TF 测风传感器和 ZQZ-TSF 超声波测风仪在实际使用中存在问题。例如,在冬季气温较低,受湿度、风速及雨雪天气的综合影响,仪器容易出现积雪、结冰现象,导致观测数据异常或中断,从而影响风观测资料的准确性和连续性^[11]。

3.5.1 ZQZ-TF 测风传感器 ZQZ-TF 测风传感器采用外挂式智能防冻解冻仪^[12-15],该设备采用低电压、双控模式,选取耐干烧加热膜、面发热方式加热,在短时间内使被加热体快速升温,从而达到对风传感器的防冻与解冻功能,是传统防冻解冻仪的升级版。在实际使用过程中,该设备运行稳定,防冻效果较明显。

3.5.2 ZQZ-TSF 超声波测风仪 ZQZ-TSF 超声波测风仪采用分别对换能器、换能器臂和壳体三重加热防冰冻模式,可以在超声波风向风速软件监控界面终端窗口直接以发送命令的方式得以实现,可以根据本地气候特点进行相应参数值的重新配置。当超声数据在 1 min 内 10% 的数据有效性标志位无效且当前换能器头部温度低于设置阈值时,即开启加热防冻模式,否则关闭,以便更好地发挥防冻解冻效果。

2022 年因雨雪冰冻天气 ZQZ-TF 测风传感器出现 2 次(5 月 14 日,11 月 12 日)故障,故障时间累计 14 h,采取人工清除传感器积冰的方式排除故障;而 ZQZ-TSF 超声波测风仪仅出现 1 次

(1月8—9日)故障,故障时间累计16 h,且无人工干预,自动恢复。对比发现,在ZQZ-TF测风传感器2次故障期间,ZQZ-TSF超声波测风仪未出现故障;ZQZ-TSF超声波测风仪故障期间,工作人员提前对ZQZ-TF测风传感器采取了防冻措施,避免了故障的发生。总体来说,ZQZ-TSF超声波测风仪在雨雪冰冻天气防冻解冻效果优于ZQZ-TF测风传感器。

4 结论与讨论

利用华山气象站2022年1—12月ZQZ-TSF超声波测风仪与ZQZ-TF测风传感器测风资料,分析了两种测风仪器在同一环境下风向风速之间的差异及实际运行情况,得出了以下结论。

(1)ZQZ-TF测风传感器较ZQZ-TSF超声波测风仪观测的风速值普遍偏大,而且风速越大差异越显著。

(2)从风向的季节分布来看,两种测风仪器的最多风向在夏季基本一致,春季、秋季和冬季最多风向均相差 45° 。

(3)从风速阈值占比统计结果可以看出,两种测风仪器在观测风速 ≤ 5.0 m/s时一致性较好,而在观测风速 > 5.0 m/s时一致性相对较低。

(4)ZQZ-TF测风传感器基本上是在传统加热方式的基础上不断升级和优化,ZQZ-TSF超声波测风仪在设计方面更科学,防冻解冻效果优于ZQZ-TF测风传感器。

(5)由于观测资料时间短,分析结果可能不能全面反映两种测风仪器的差异,还需要今后持续开展研究。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 地面气象自动观测规范[M]. 北京:气象出版社,2020:40.
- [2] 黄晓青. 风向风速传感器的校准方法[J]. 计量与测试技术,2009,36(1):26-30.
- [3] 刘沈,付炜,黄杰贞. 湖南省永州市风向风速特征统计分析[J]. 气象水文海洋仪器,2022(1):56-58.
- [4] 李松奎,丁红英. 自动气象站风速传感器测试新方法研究[J]. 计量与测试技术,2018,45(11):91-93.
- [5] 黄敏,卢会国,王保强,等. 超声测风传感器测量结果不确定度分析[J]. 成都信息工程学院学报,2015,30(4):361-365.
- [6] 商志伟,漆随平,王中秋,等. 测风传感器现状与发展综述[J]. 气象水文海洋仪器,2023(1):128-132.
- [7] 蔡成满,倾鹏程,冯志航. 风传感器的对比研究[J]. 装备制造技术,2018(8):162-164.
- [8] 张世昌,杨家锋,妙娟利. WMT52超声风传感器与EL15A风传感器野外探测资料对比分析[J]. 陕西气象,2010(3):25-26.
- [9] 薛笋笋,肖建辉,刘青松,等. EZC超声波测风仪和EL15-C风速风向传感器平行观测对比分析野外探测资料对比分析[J]. 气象水文海洋仪器,2023,40(2):75-78.
- [10] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003:50.
- [11] 涂满红,曹云昌,詹国伟,等. 超声波测风仪风速的不同算法误差分析[J]. 气象与环境科学,2019,42(1):119-126.
- [12] 白水成,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.
- [13] 马昊天,李炳昆,全美兰,等. 风向风速传感器冰冻分析及预防[J]. 农业灾害研究,2018(6):103-104.
- [14] 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.
- [15] 杨再禹,杨平,谢佳豪. 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[J]. 中低纬山地气象,2022,46(4):100-104.