

2017-2024年阿克苏机场低能见度观测与器测对比分析

林慧敏¹ 魏龙龙² 章雯³

1. 华北空管局气象中心, 北京 顺义 100621

2. 中国民用航空新疆空中交通管理局阿克苏站, 新疆 阿克苏 843000

3. 泰州市气象局, 江苏 泰州 225300

摘要: 分析对比 2017-2024 年阿克苏机场低能见度 (<800m) 下人工观测与几种器测数据, 结果表明: (1) 一致性分析 Bland-Altman 检验 (95%一致性范围) 表明, RVR_AWOS 偏差最小, 一致性最好。其余器测值高估能见度, 一致性较差; (2) 低能见不同区间内, 极低时可参考 RVR_AWOS 数据, 400-800m 范围可结合 MOR_AWOS, 100-400m 可参考 VIS_AWOS 数据。VIS_AWOS 在一年之中尤其是春季出现较小正偏差, PW_AWOS 和 RVR_AWOS 夏季探测值会降低。一日中夜间和 06 时器测值显著偏低; (3) RVR_AWOS 对 5 种低能见天气能见度测量效果较好, 沙尘天气也可结合 MOR_AWOS 来看。在高温低湿的环境条件下器测系统偏差较大。

关键词: 低能见度, 器测偏差, 分布特征, 气象条件

引言

能见度表征大气的混浊程度或是大气的透明度, 在航空中, 是影响机场运营状态的关键因素, 也是航空器起降选择目视飞行或仪表飞行规则的决定性条件^[1]。尤其是在低能见度情况下, 对航空运行影响很大。飞行员发现和识别地标所需的距离缩短, 如无法看清地标, 只凭感觉和仪表飞行, 心理压力增大, 容易产生操纵错误, 发生飞行事故。

随着航空事业的迅速发展, 国际民航组织 (ICAO) 要求降低机场最低运行标准, 对跑道能见度测量的精度和标准化提出了更高要求。民航气象部门引进了多种能见度设备进行辅助观测, 其具有自检能力, 低能见度下性能好。研究指出, 在 0-10km 能见度范围内, 器测展现出较高的灵敏度和分辨率^[2-3], 提供了更为客观精确的数据来源。

阿克苏机场位于天山南麓, 塔里木盆地北缘, 春季沙尘等天气会引起低能见^[4], 加大航空观测和预报的难度。本文利用 2017-2024 年

阿克苏机场能见度观测和器测数据, 进行统计分析对比, 了解其差异和特征, 可为仪器校准和航空运行提供参考, 提升我国民航气象服务的质量和精细化水平。

1 数据说明及预处理

利用 2017-2024 年阿克苏机场整点主导能见度和例行观测簿纪要栏天气演变资料, 自动观测系统 (AWOS) 测量能见度及其它气象要素数据, 统计分析其差异和分布特征, 以及气象条件的影响。根据民航气象行业标准, 且综合考虑管制等航空用户的需求、本场的起降标准、影响程度等, 将能见度 <800m 定为低能见度。时间为世界时 (UTC)。

自观系统得到的几种能见度数据有跑道能见度 (VIS_AWOS)、气象光学视程 (MOR_AWOS)、跑道视程 (RVR_AWOS)、天气现象传感器探测能见度 (PW_AWOS), 均由前散或大透仪器通过测量大气的光学属性, 推算出能见度, 通过可在一定程度上弥补人工观测方法固有的规范性和客观性不足问题。对 AWOS

数据进行预处理，剔除缺测值，用 Z-score 方法检测异常值，并进行器测值之间的一致性检查。

2 目测与器测数据对比

研究表明，人工观测与安装于跑道同一位置的器测数据之间存在良好的一致性和相关性^[5]。对 2017-2024 年阿克苏机场低能见度 (<800m) 情况下，人工观测能见度 VIS 与几种器测数据进行一致性分析 Bland-Altman 检验 (95%一致性范围)，如下图 1 所示。四种器测方式平均偏差 (Mean Bias) 反映人工观

测与器测数据的系统性差异，为-234.68、-302.82、50.81、-488.38m，LOA Range (95%一致性范围) 表示 95%的差异值分布的区间宽度，反映两种方法的一致性界限，为 3647.52、5275.25、960.52、2334m。结果表明，RVR_AWOS 偏差最小，一致性最好。VIS_AWOS 高估能见度，一致性范围过大，PW_AWOS 严重高估能见度，一致性较差，MOR_AWOS 显著高估能见度，一致性最差。而且低能见度时，器测值均可能会出现巨大的不合理的差值，使得实际较小的偏差在图中分布集中。

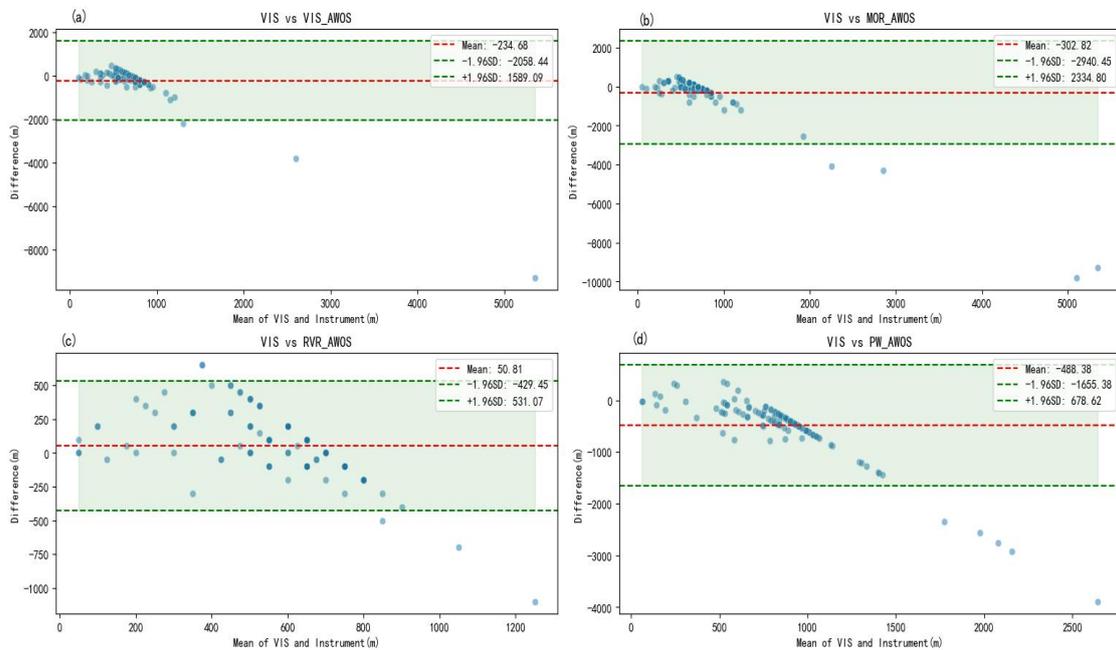


图 1 低能见度 (<800m) 人工与不同器测方式 (a) VIS_AWOS; (b) MOR_AWOS; (c) RVR_AWOS; (d) PW_AWOS 测量值差的一致性 Bland-Altman 检验 (95%一致性范围阴影)

Fig. 1 Bland-Altman test for the consistency of the measured values of different methods (a) VIS_AWOS; (b) MOR_AWOS; (c) RVR_AWOS; (d) PW_AWOS in low visibility (<800m) with manual measurement (95% consistency range shaded)

3 器测偏差分布特征

分析 2017-2024 年阿克苏机场低能见度 (<800m) 时 AWOS 器测能见度与人工观测值 VIS 偏差的分布特征，由于器测会产生较大误差值，掩盖差异的系统偏差和时间特性等。现用差值阈值 Threshold<2000m 的数据，探究低

能见不同区间的偏差平均值，如下图 2 所示，几种器测数据的偏差分布更为显著。PW_AWOS 数据明显偏高，在极低能见度 (<100m) 时效果好，MOR_AWOS 则随能见度降低偏高值逐渐增大，VIS_AWOS 的测量能力相对平均。RVR_AWOS 的测量效果较好，整体低估能见度，对较高和较低值测量能力尤强。综上，在能见

度极低时可参考 RVR_AWOS 数据，400-800m 范围可结合 MOR_AWOS。100-400mRVR_AWOS 测量值偏低，可参考 VIS_AWOS 数据。这可为低能见下航空气象观测和预报提供参考。

分析其低能见情况器测与人工观测值偏差月和日变化的时间特性，如下图 3 所示。VIS_AWOS 的正偏差在一年之中较小，春季最小。PW_AWOS 平均偏差显著偏高，夏季稍好一些，RVR_AWOS 因其探测视程较短在夏季效果

最差，显著偏低。ANOVA 分析表明，月份对大多数器测差异有显著影响，但对 MOR_AWOS 的差异无显著影响 ($F=1.82, p=0.0727 > 0.05$)。在一日之中，00-15 时 (UTC) 日出后至夜间可能出现低能见。12-02 时 (UTC) 天黑至日出前是器测值偏差较大的时间段，14-00 时夜间和中午 06 时显著偏低，其余时段尤其是 01 和 13 时均偏高，PW_AWOS 全天偏高明显。

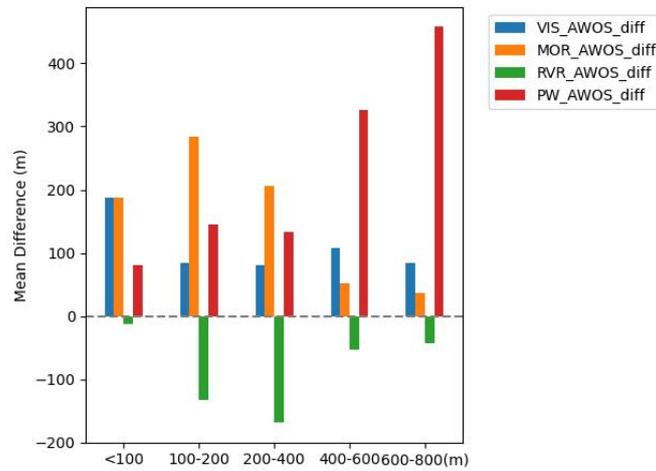


图 2 低能见度 (<800m) 下不同能见度区间整点时间人工与不同器测方式测量值平均偏差分布
Fig.2 Distribution of average deviation between manual and different instrument measurement values at each hour for different visibility intervals under low visibility conditions (<800m)

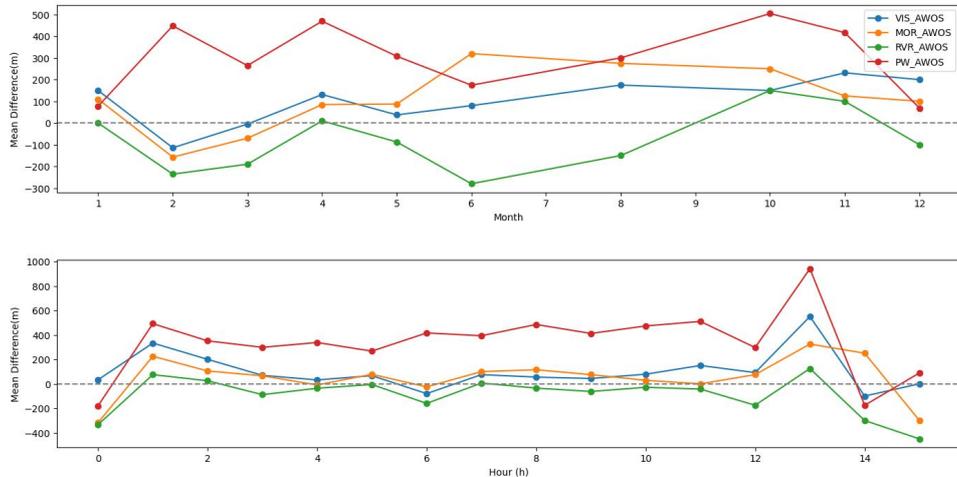


图 3 低能见度 (<800m) 下人工观测与不同器测方式测量值差平均值 (a) 月和 (b) 日分布图
Fig.3 Average difference values of manual observations and those measured by different

instruments under low visibility (<800m) (a) monthly and (b) daily distribution maps

4 不同气象条件下的器测偏差

低能见 (<800m) 的发生常受到天气的影响, 2017-2024 年影响本场的主要天气现象有尘暴 (DS)、沙暴 (SS)、浮尘 (DU)、雾 (FG) 和中等及以上强度的雪 (SN)。进一步分析不同天气条件下的器测平均偏差, 如下图 4 所示。沙尘天气 (DS、SS 和 DU) 时, 器测差异都较小, 除了 PW_AWOS 显著偏高, SS 时 RVR_AWOS 受风沙影响可能会显著偏低。在大雾和降雪天气, 能见距离较短, RVR_AWOS 测量效果较好, 其余值均偏高, 总的来说在雾天能见度的测量结果好于降雪。由此可见, 在不同低能见天气, 不同器测结果差异显著,

RVR_AWOS 的探测效果较好, 在沙尘天气尤其是 SS 天气时, 可结合 MOR_AWOS 来看。

探究不同环境因素对器测值偏差的影响, 低能见天气时 PW_AWOS 偏差与温湿度 (TC_AWOS、RH_AWOS) 相关分析系数分别为 0.23 和 -0.18, 其次是 MOR_AWOS 与温度相关性为 0.2。分析低能见天气出现温湿度范围内, 器测平均偏差与器测温湿度关系, 如下图 5 所示, VIS_AWOS 平均偏差在温度为 -5-10℃ 时对温度的响应较为明显。且 VIS_AWOS、MOR_AWOS 和 PW_AWOS 在高温低湿时系统偏差较大, 均比 RVR_AWOS 的该特征显著, 除 VIS_AWOS 外在其余情况下偏差对温湿度的响应并不明显。

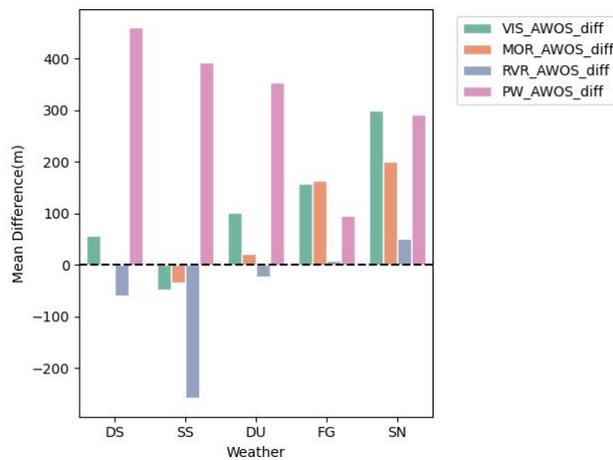


图 4 低能见度 (<800m) 下不同天气现象人工与不同器测方式测量值平均偏差分布
 Fig.4 Distribution of average deviation between manual and different instrument measurement values for different weather phenomena under low visibility (<800m) conditions

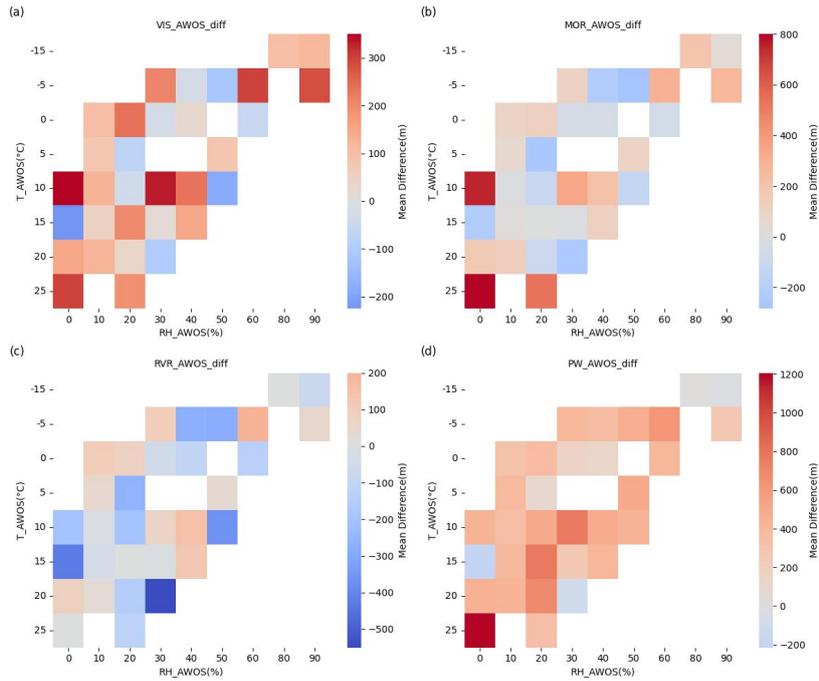


图 5 低能见度 (<800m) 下人工与不同器测方式 (a) VIS_AWOS; (b) MOR_AWOS; (c) RVR_AWOS; (d) PW_AWOS 测量值平均偏差与器测温湿度热力图

Fig.5 Average deviation of measurement values between manual measurement and different instrument measurement methods (a) VIS_AWOS; (b) MOR_AWOS; (c) RVR_AWOS; (d) PW_AWOS under low visibility (<800m), and thermogram of instrument-measured temperature and humidity conditions

5 结论

本文利用人工观测主导能见度和器测数据, 统计对比分析得出结论如下:

(1) 2017-2024 年阿克苏机场低能见度 (<800m) 下人工观测与几种器测数据进行一致性分析 Bland-Altman 检验, 结果表明, RVR_AWOS 偏差最小, 一致性最好。VIS_AWOS、MOR_AWOS 和 PW_AWOS 高估能见度, 一致性较差, MOR_AWOS 一致性最差;

(2) 低能见不同区间内, 能见度极低时可参考 RVR_AWOS 数据, 400-800m 范围可结合 MOR_AWOS, 100-400m 可参考 VIS_AWOS 数据。

VIS_AWOS 在一年之中出现较小正偏差, 春季最小, PW_AWOS 和 RVR_AWOS 夏季能见度测量值会降低。一日之中, 在 12-02 时 (UTC) 和中午 06 时器测值显著偏低, 其余时段尤其是 01 和 13 时均偏高, PW_AWOS 全天偏高明显。

(3) 在不同低能见天气不同器测结果差异显著, RVR_AWOS 的探测效果较好, 在沙尘天气尤其是 SS 天气时可结合 MOR_AWOS 来看。PW_AWOS 偏差与温湿度相关系数分别为 0.23 和 -0.18, 其次是 MOR_AWOS。VIS_AWOS 平均偏差对温湿度尤其是温度 -5-10℃ 范围内响应较明显, 在高温低湿时器测系统偏差较大, RVR_AWOS 稍好一些。

参考文献

- [1]姚靖心. 2019~2023年天津机场主导能见度特征及其与器测的差异[J]. 民航学报, 2025, 9(01): 63-65+62.
- [2]吴明江, 孙华, 魏俊, 等. 能见度、天气现象器测与目测差异分析[C]//中国气象学会. 中国气象学会2007年年会气象综合探测技术分会场论文集. 浙江省嘉兴市气象局; 浙江省嘉兴市气象局; 浙江省嘉兴市气象局; 浙江省嘉兴市气象局; , 2007: 1073-1077.
- [3]陈炜. 武汉机场目测与器测能见度资料的对比分析[J]. 科技创业月刊, 2017, 30(09): 120-122.
- [4]杨诗婕, 蒋纳含, 王亚戈, 等. 阿克苏机场2010年—2021年低能见度沙尘天气统计分析[J]. 内蒙古科技与经济, 2022, (19): 78-81.
- [5]黄小妹, 杨少英, 黄智. 连山站能见度仪器测量与人工观测数据对比分析[J]. 科技风, 2012, (21): 47+49.