

李成伟,李伟,夏江峰,等.不同天气条件下微波辐射计温度探测效果评估[J].陕西气象,2021(6):43-46.

文章编号:1006-4354(2021)06-0043-04

不同天气条件下微波辐射计温度探测效果评估

李成伟^{1,2},李伟^{1,2},夏江峰^{1,2},姜红林³,雷连发³

(1. 陕西省大气探测技术保障中心,西安 710014;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016;

3. 北方天穹信息技术(西安)有限公司,西安 710100)

摘要:以西安泾河探空站的探空数据作为参照标准,利用同址安装的国产 MWP967KV 型地基多通道微波辐射计温度廓线数据,通过计算相关系数、平均偏差和均方根误差等,分析了微波辐射计在雨天、阴天、晴天和雾天四类典型天气下的温度探测效果。结果显示:微波辐射计反演的温度与探空探测的温度的相关系数为 0.99,平均绝对偏差为 2.17 °C,均方根误差为 2.75 °C;均方根误差在各类天气下差异不明显,且随高度的增加误差逐渐增大;随着高度升高,微波辐射计反演温度的偏差有显著的变化。

关键词:微波辐射计;探空;温度廓线

中图分类号:P414.5

文献标识码:A

大气中的温度是体现地球大气辐射和全球热平衡的重要观测要素,对大气的运动和变化有着重要的影响^[1-2]。微波辐射计探测能提供高时空分辨率的温度、湿度、水汽等气象参数的廓线数据,在气象观测和预报业务、科研中正在得到广泛应用^[3]。目前已有不少学者从不同方面对其进行了研究。张文刚等^[4]通过对比武汉站探空和微波辐射计资料,发现微波辐射计测得的数据精度较高。郑飒飒^[5]利用平均误差、相关分析和回归分析等统计方法评估了微波辐射计和 L 波段探空资料在有降水、无降水条件下温湿度的探测效果的差异,得出降水对微波辐射计的探测结果影响较大。梁谷等^[6-7]利用微波辐射计温度与湿度、水汽的关系开展云中水汽估算研究。乔贺等^[8]对比分析了国内外不同型号的地基微波辐射计探测温湿度廓线的差异,发现温度要素探测的效果整体较佳。从相关研究结果来看,天气条件的变化对微波辐射计观测和数据反演结果都有明显的影

响。为了进一步评估微波辐射计的探测效果,本文以安装在西安泾河探空站的国产 MWP967KV 型地基多通道微波辐射计(以下简称微波辐射计)为例,以泾河探空站的无线电探测温度(以下简称探空温度)资料为参照,按雨天、阴天、晴天和雾天进行分类对微波辐射计反演的温度廓线数据进行评估。

1 资料来源及处理

1.1 资料来源

选取 2019 年 4 月—2020 年 3 月经河探空站微波辐射计和探空站的观测资料作为分析数据。探空观测每天 08、20 时进行两次常规观测。微波辐射计资料为同一时间段内观测数据,数据时间分辨率为 2 min,能够提供 10 km 以内的温度、相对湿度、水汽含量和云液态水廓线等多种大气参数。廓线垂直分层为 83 层,分辨率分别为 25 m (0.5 km 以下)、50 m (0.5~2 km)、250 m (2~10 km)。统计过程中取探空观测时段内,微波辐

收稿日期:2021-01-12

作者简介:李成伟(1981—),男,汉族,山西忻州人,硕士,高工,从事气象探测技术保障工作。

基金项目:陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2020G-2)

射计在各个高度温度数据的平均值与相应的探空数据进行对比。

1.2 数据处理

(1) 数据时空一致性处理

为确保探空和辐射计探测值在时间和高度上保持一致^[9],要对数据进行一定的处理。为保证时间一致性,微波辐射计温度资料取探空时段的平均值与探空温度资料进行比对;为保证空间一致性,将探空资料在 10 km 高度范围内的探空数据进行线性插值,与辐射计每层高度的数据一一对应。

(2) 不同天气样本分类

为减小个例差异对天气分类的影响,参考微波辐射计和探空两种温湿资料来对天气进行分类。雨天通常近地面湿度大且微波辐射计降水资料指示有降雨;晴天通常在观测高度范围内相对湿度都较小;雾天通常表现为上干下湿;阴天微波辐射计资料显示无降水产生,相对湿度较大且有一定厚度的云层。

(3) 数据质量控制

为保证数据代表性,剔除异常值,对下列数据进行剔除^[10]:①探空资料探测高度不足 10 km,无法进行插值;②温度数据不符合随高度递减规律,出现明显的错误;③样本分类中微波辐射计和探空两种资料未同时满足划分要求。

经过时间比对和样本筛选,最后得到分析总样本、雨天、晴天、阴天和雾天五类样本。试验总样本统计为 439 个,降水样本统计为 42 个,晴天样本统计为 253 个,阴天样本统计为 121 个,雾天样本统计为 23 个。

1.3 评估方法

为了评估微波辐射计数据质量,将探空温度数据作为参考标准,采用能够反映观测值准确性的统计量进行分析^[11],包括偏差、平均偏差、均方根误差以及相关系数等。

2 结果分析

2.1 总体样本分析

计算微波辐射计和探空温度总样本的相关系数、平均偏差和均方根误差值,相关系数为 0.99,平均偏差为 2.17 °C,均方根误差为 2.75 °C。可

以看出,相关性较高,温度平均偏差和均方根误差都较小。

散点图可反映两组数据的相关情况,两组数据差距越小,相关性越高,数据点分布也就越集于对角线附近。将微波辐射计和探空探测的各个高度层的所有样本数据一一对应绘制散点图(如图 1 所示),可以看出微波辐射计探测温度数据与探空数据的相关性较好,集中分布于对角线两侧。在低空(高温区域)数据点分布更集中,反演误差最小,一致性也较好。

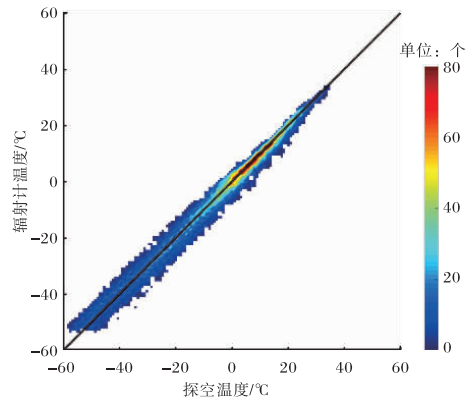


图1 微波辐射计和探空温度总样本的散点图

计算微波辐射计全部样本的温度偏差的均值。按 0.5 °C 的间隔统计温度偏差的均值的分布频数(图 2)。可以看出,微波辐射计温度偏差的均值分布基本符合正态分布,主要分布在[-5 °C, 5 °C]区间,其中在[-2 °C, 2 °C]区间的样本量占比超过 70%,数据分布较为集中,说明微波辐射计反演的温度值在多种天气条件下比较可靠。

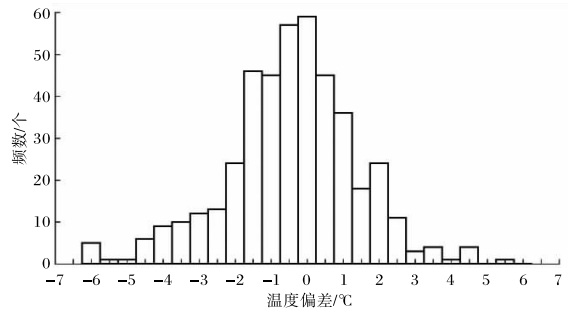


图2 微波辐射计全部样本温度偏差的均值分布图

2.2 不同天气类型评估

按不同天气类型对微波辐射计与探空测得的温度数据进行分类统计分析(见表 1),二者在雨

天、晴天、阴天和雾天下的相关系数都大于 0.98,微波辐射计探测温度的平均偏差和均方根误差在四种不同天气下差异不大,都小于 3℃。反映出微波辐射计反演的温度和探空探测的温度的相关性很好,且平均偏差和均方根误差都较为稳定。相对来说,微波辐射计在晴天探测效果最好,阴天、雾天次之。初步推测原因为雨天和雾天时近地面湿地偏大,微波辐射计的天线罩存在水汽凝结现象从而影响探测的效果。

表 1 四类典型天气的微波辐射计与探空温度数据的相关系数、平均偏差和均方根误差统计

天气类型	相关系数	平均偏差	均方根误差
雨天	0.98	2.34	2.83
晴天	0.99	2.13	2.68
阴天	0.99	2.17	2.46
雾天	0.99	2.30	2.90

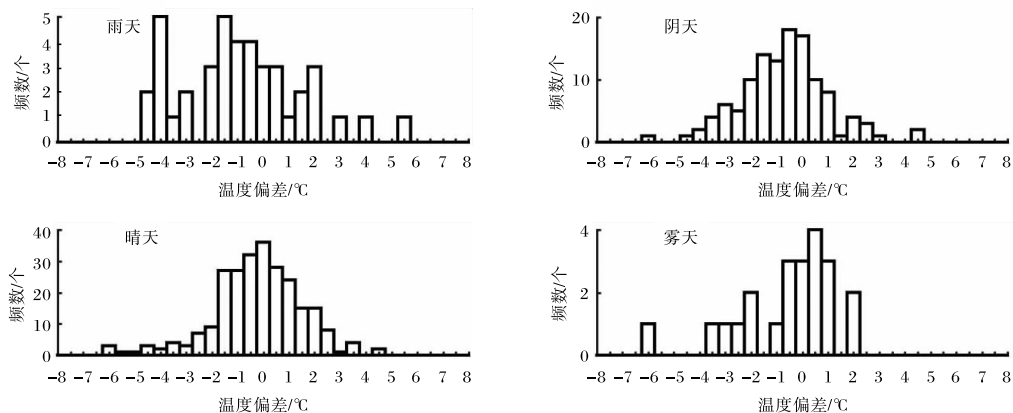


图 3 四类天气类型微波辐射计与探空温度平均偏差分布

度偏差的均值随高度变化的趋势较为一致,分别在约 2.5 km 和 1.5 km 高度平均偏差由正值转为负值;在雾天温度偏差的均值在约 100 m 高度即由正转负;晴天情况下温度偏差的均值在 4 km 高度以下为负值,4 km 高度以上则转为正值。在四类天气条件下,微波辐射计在不同高度上探测温度的误差随高度增加而递增,如图 4b 所示。

3 结论

(1)国产 MWP967KV 型地基多通道微波辐射计反演温度可靠性较强。在晴天、雾天、雨天和阴天等四类天气条件下,微波辐射计与探空雷达

计算四类天气类型下,微波辐射计与探空在 0~10 km 垂直高度范围内探测温度偏差的均值,按 0.5℃ 间隔统计分布频率(如图 3 所示)。可以看出阴天、晴天温度偏差的均值比较符合正态分布,雨天、雾天的分布存在较多的离散样本。这说明雨天和雾天时,近地面高湿的条件对微波辐射计探测反演温度结果的准确性存在着一定的影响。

分别统计雨天、晴天、阴天和雾天等四类典型天气下不同高度层的微波辐射计探测温度偏差的均值(如图 4a 所示),发现雨天温度偏差的均值的分布区间为 $[-2.16\text{℃}, 0.35\text{℃}]$,阴天下为 $[-2.10, 1.06\text{℃}]$,晴天为 $[-1.06\text{℃}, 0.48\text{℃}]$,雾天为 $[-1.25\text{℃}, 0.64\text{℃}]$,四类天气条件下温度偏差的均值从低层到高层均发生了正负值转换。进一步分析四类天气情况下温度偏差的均值的变化情况可发现:在阴天和雨天,微波辐射计探测温

探测的温度的相关性都较好,平均绝对偏差和均方根误差差异不明显。

(2)晴天微波辐射计与探空探测温度平均偏差在 4 km 高度以上由负值转为正值;雨天、阴天微波辐射计与探空探测温度的偏差大约在 1.5 km 和 2.5 km 高度以下为正值,以上温度偏差由正值转为负值;雾天温度偏差仅在地面 100 m 高度内为正值,其余高度均为负值。说明不同天气条件下,微波辐射计探测温度的偏差特性不同,在应用微波辐射计探测数据时是应结合具体天气条件予以考虑。

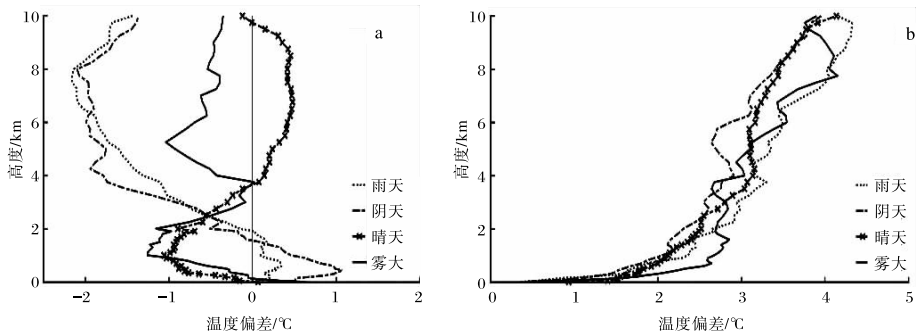


图4 微波辐射计探测温度偏差(a)和均方根误差(b)随高度变化廓线

(3)在数据分析中未考虑探空气球漂移带来的影响,同时微波辐射计数据反演效果还受到大气稳定度、设备参数、反演算法和定标等多种因素的影响,这些因素对观测数据的影响情况还需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 张文刚,徐桂荣,万蓉,等. 基于地基微波辐射计的大气液态水及水汽特征分析[J]. 暴雨灾害,2015,34(4):367-374.
- [2] 刘文娟,王永前. 利用微波辐射计 AMSR-E 反演陆地上空大气水汽的研究[J]. 高原山地气象研究,2011,31(3):23-25.
- [3] 徐爽,王硕飞,闵晓桐,等. 基于 MWP967KV 辐射计的微波辐射反演方法研究[J]. 气象水文海洋仪器,2019,36(2):38-44.
- [4] 张文刚,徐桂荣,颜国跑,等. 微波辐射计与探空仪测值对比分析[J]. 气象科技,2014,42(5):737-741.
- [5] 郑飒飒. MWP967KV 型地基微波辐射计反演产品的质量评估[J]. 高原山地气象研究,2019,39(2):82-86.
- [6] 梁谷,李燕,岳治国,等. 地基微波辐射计探测空中水个例分析[J]. 陕西气象,2005(1):24-26.
- [7] 梁谷,李燕,纪爱琴,等. 用微波辐射计作云降水潜力的估算[J]. 陕西气象,2003(5):28-31.
- [8] 乔贺,徐进,刘寅,等. 地基微波辐射计温湿廓线对比试验初步分析研究[J]. 环境科学与管理,2019,44(10):129-134.
- [9] 刘晓璐,刘东升,郭丽君,等. 国产 MWP967KV 型地基微波辐射计探测精度[J]. 应用气象学报,2019,30(6):731-744.
- [10] 侯叶叶,刘红燕,鲍艳松. 地基微波辐射计反演水汽密度廓线精度分析[J]. 气象科技,2016,44(5):702-721.
- [11] 雷连发,卢建平,朱磊,等. 多通道地基微波辐射计大气遥感[J]. 遥感学报,2014,18(1):180-191.