

MWP967KV 型地基微波辐射计与探空观测数据对比分析

王旗^{1,2} 王周翔^{1,2} 于翠红^{1,2}(¹ 吉林省人工影响天气办公室, 吉林长春 130000; ² 中国气象局吉林省人民政府人工影响天气联合开放实验室)

摘要 利用 MWP967KV 型地基微波辐射计反演的气象要素数据与吉林省长春探空站电子探空数据进行对比, 通过相关系数, 对比分析了距地高度在 0~10 km 的 58 个高度层的温度、相对湿度、水汽的误差情况, 分析了误差产生的原因, 认为 MWP967KV 型地基微波辐射计的反演廓线与探空数据在天气良好的情况下, 一致性较高; 在雪(雨)天气下, 也能够很好地表现大气水汽变化趋势及量值的时空分布变化; 在霾天气影响下, 相关度迅速下降, 地基微波辐射计的探测准确性还有待进一步优化与提高。地基微波辐射计的使用还需要在实践中不断改进和完善, 在指导人工影响天气作业领域具有很好的应用前景。

关键词 微波辐射计; 探空数据; 相关性; 对比

中图分类号 P414.5 **文献标识码** A **文章编号** 1007-5739(2017)07-0211-03

监测云中积分液态水含量及其变化情况, 对于人工影响天气的研究和作业具有十分重要的意义^[1-2]。目前, 测量云中积分液态水含量的方法主要有探空观测和微波辐射计。地基微波辐射计接收到大气中气体、云粒子所发射和散射的微波信号, 结合云底温度、高度信息以及天线附近的温度、湿度和气压, 使用不同反演算法可以获得大气中总水汽量、总液态水量以及温度、湿度、水汽和液态水的廓线, 能够全天候、全天时工作, 弥补常规探测手段的不足, 是常规手段的有效补充^[3-4]。

目前, 东北区域人影中心新装备的 MWP967KV 型地基微波多通道微波辐射计于几个月前刚刚布设完成, 其数据准确性、设备的可靠性需要结合大量遥感观测资料进一步评估验证。本文利用长春探空站探空资料以及长春观测场内布设的 MWP967KV 型微波辐射计反演热力学廓线进行对比分析, 通过相关系数等指标评估微波辐射计反演气象要素的准确性, 并对相关误差、干扰因子进行分析。

1 数据与方法

1.1 MWP967KV 型地基微波辐射计资料

吉林省气象局在长春市气象局观测站于 2015 年 9 月布设了中国兵器工业二〇六研究所生产的 MWP967KV 型地基微波辐射计, 其基于历史探空数据获得的大气辐射传输模型, 利用人工神经网络实现距地高度为 0~10 km 范围内大气温湿廓线反演, 输出廓线在垂直方向划分为 58 层, 地表到 0.5 km 之间的分辨率为 50 m, 0.5~2.0 km 的分辨率为 100 m, 2~10 km 之间的分辨率为 250 m。神经网络法由 Stuttgart 神经网络模拟器和历史无线电探空廓线资料推导得到, 采集时间间隔为每 3 min 一组数据^[5-6]。

1.2 探空资料

长春站(54161)探空仪资料采集时间间隔为 2 s, 即每 2 s 采集 1 组数据, 每组数据包括温度、相对湿度、气压等数据。电子探空采用传统的氢气球携带探空仪探测方式, 每日探测 2 次, 探测时间分别为北京时间 7:15 和 19:15。

1.3 水汽计算公式

利用探空资料计算水汽密度时, 采用如下公式计算^[7-8]:

$$\alpha = 0.8 \times \frac{e_a}{1 + \alpha \times t} \quad (1)$$

式(1)中: e_a 是实际水汽压(hPa); t 是气温(℃); $\alpha = 1/273.15$ 。

由式(1)可推导出公式:

$$e_a = \frac{\alpha \times (1 + \alpha \times t)}{0.8} \quad (2)$$

2 结果与分析

对比分析了 9—12 月的微波辐射计与探空资料。根据天气情况, 选取有降雪过程、雾霾以及晴天的 12 月 1 日 20:00 至 12 月 6 日 20:00 这一段时间的数据作为代表, 对比温度、湿度以及水汽的相关性以及平均偏差。长春站 12 月 1—6 日的天气情况如表 1 所示。

表 1 2015 年 12 月 1—6 日长春站天气情况

日期	天气	日期	天气
12-01	雾	12-04	晴
12-02	小雪	12-05	晴
12-03	雪	12-06	霾

2.1 温度对比与分析

从 12 月 1—6 日的微波辐射计与探空温度廓线对比图(图 1)可以看到, 微波辐射计的温度廓线和探空数据结果的相关性都在 0.94 以上, 2 条廓线的吻合度较高, 且 2 种设备在晴朗的天气下, 相关性可达到 0.99 以上, 在有降雪的 2—3 日中, 相关性略有下降, 在 8~10 km 的高空误差较大。

2.2 相对湿度对比与分析

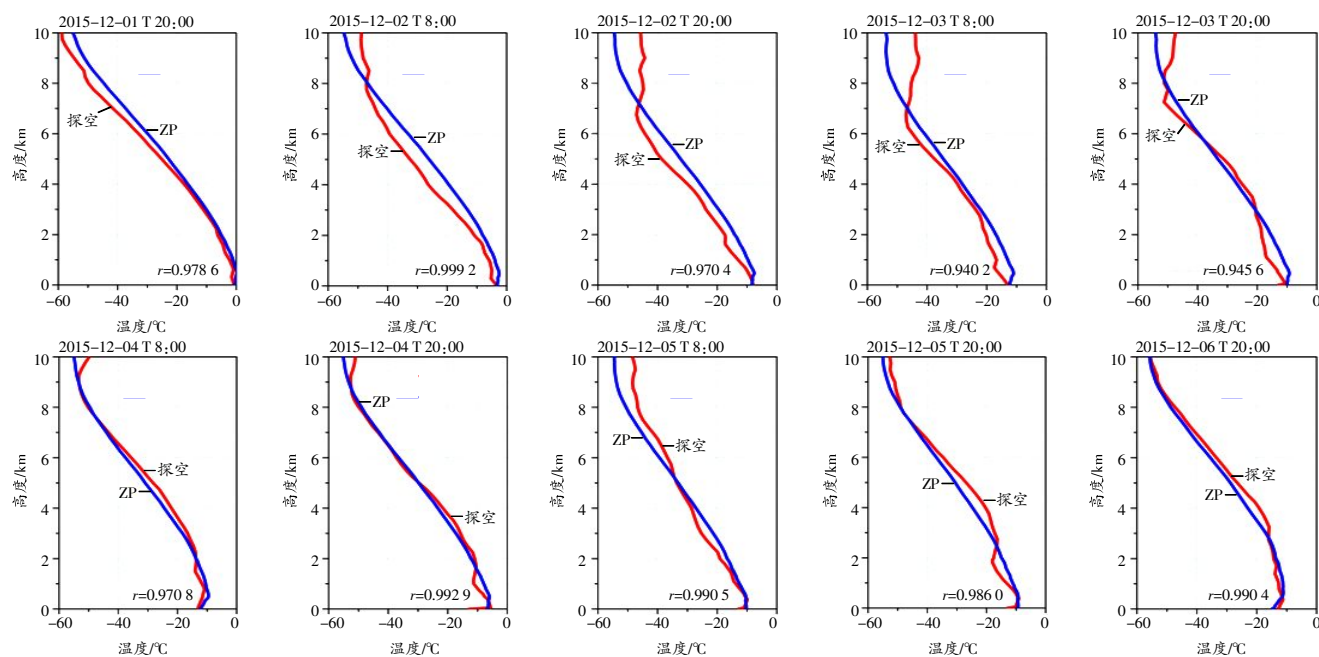
从 12 月 1—6 日的微波辐射计与探空相对湿度廓线对比图(图 2)可以看到, 微波辐射计的相对湿度廓线和探空数据结果的相关性在 0.4~0.9 之间变化, 成正相关, 变化范围大。在有降雪及雾霾的天气情况下, 相关系数低于晴天, 相关系数的大小受天气影响剧烈, 总体来说, 两者的偏差值随着高度的增加而不断增大。

2.3 水汽对比与分析

从 12 月 1—6 日微波辐射计与探空的水汽廓线对比结果(图 3)可以看到, 微波辐射计的水汽廓线和探空数据之间成正相关, 相关系数在 0.70~0.99 之间, 天气晴好时, 相关系数都在 0.96 以上, 在 12 月 5 日 20:00 开始到 6 日 20:00 这段有霾的时间段内, 相关性迅速下降。

2.4 误差分析

探空气球探测开始时间为北京时间 7:15 及 19:15, 采样时间超过 30 min, 而微波辐射计的采样时间 < 3 min。因此,



注: r 为相关系数。下同。

图 1 2015 年 12 月 1—6 日不同时段微波辐射计与探空温度廓线对比

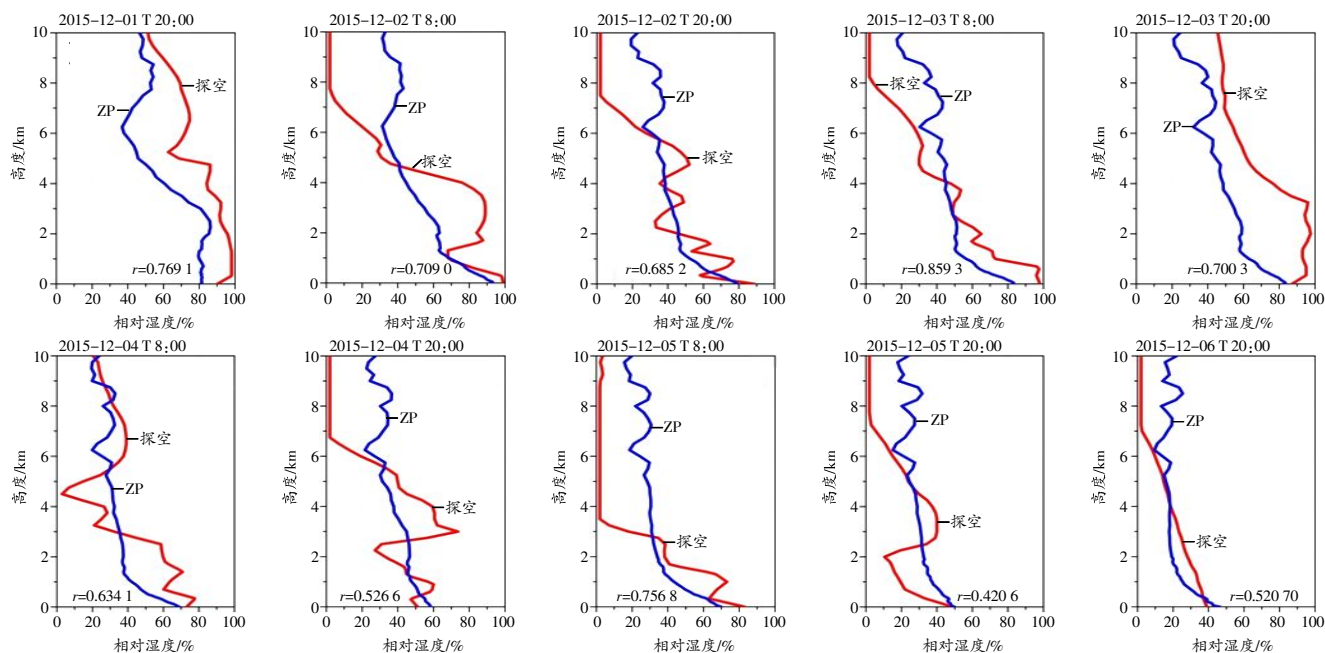


图 2 2015 年 12 月 1—6 日不同时段微波辐射计与探空相对湿度廓线对比

采用了微波辐射计在 7:15—7:45 之间以及 19:15—19:45 之间反演结果的平均值与探空气球数据作比较,这样的处理方式会对温度、相对湿度以及水汽产生不同程度的影响。尤其对于相对湿度来说,在晴雪转折的天气,垂直方向的湿度变化比较复杂,两者的相关性会严重下降^[9]。

在严重雾霾天气条件下,辐射计观测反演精度会降低。由于雾霾的存在对辐射计观测反演产生了一定影响,在这种极端天气条件下辐射计观测反演误差也相应偏大。尤其有严重雾霾时伴随着边界层强烈的逆温现象,与正常大气状态存在明显差异,辐射计未能很好地反映出这一极端变化。

3 结论与讨论

通过本文的分析结果显示,微波辐射计与探空数据的

温度、水汽廓线具有很好的正相关关系,在晴天空气良好条件下两者一致性较好、误差小;在降雪或者阴天过程也能够很好地表现大气水汽变化趋势及量值的时空分布变化,温度廓线误差也相对较小。由于大气温度垂直变化相对不复杂,探空与辐射计一致性较高,而湿度垂直变化较复杂,同时常规探空自身也存在很多不确定性,所以在湿度变化对比中两者一致性较差。

在精度方面,MWP967KV 型地基微波辐射计还需要进一步优化改进;在应用方面,微波辐射计能够提供同一地点,连续性高时间密度的探空数据,在监测分析天气系统内部结构的发展变化方面具有很显著的优势。未来通过连续监控其垂直廓线的变化情况,能够及时指挥人工增雨作业,在

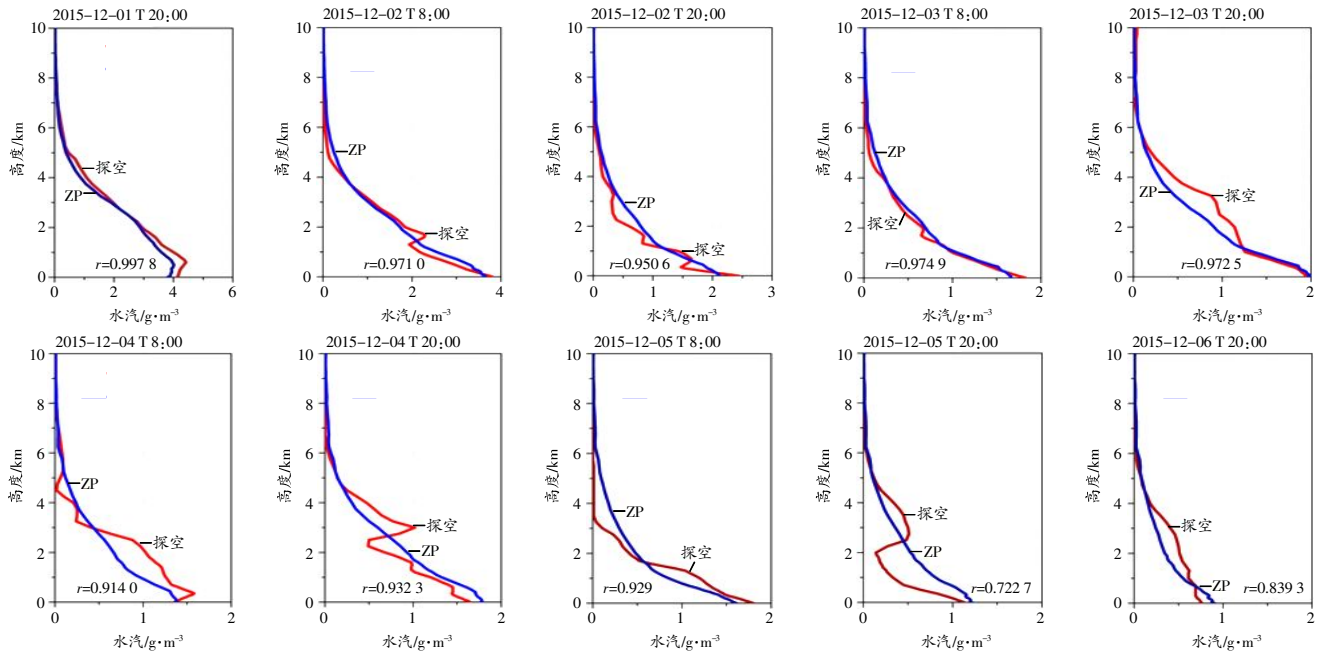


图3 2015年12月1—6日不同时段微波辐射计与探空水汽廓线对比

人工影响天气领域有很好的应用前景。

4 参考文献

- [1] 刘红燕,王迎春,王京丽,等.由地基微波辐射计测量得到的北京地区水汽特性的初步分析[J].大气科学,2009,33(2):388-396.
- [2] 姚作新,吕鸣,贺晓东,等.MP-3000A型地基微波辐射计在乌鲁木齐探空站的辅助性探测研究[J].沙漠与绿洲气象,2011,5(1):38-43.
- [3] 刘晓阳,毛节泰,李成才,等.大气水汽总量的垂直分解[J].高原气象,2007,26(3):453-459.
- [4] 王健,吕新生,赵克明,等.地基微波辐射计对乌鲁木齐暴雨天气过

(上接第209页)

表3 长江流域各区域夏季气温的突变年份

区域	突变年份	突变方向
长江下游	1969	由低到高
长江上游	1989	由高到低
湘江流域	1959	由高到低
川东北	1959	由低到高

代后期发生了气温由低到高的突变。从结论中可以看出,长江流域地区近60年来夏季气温的平均分布与上文分析结果相符,即近50年来中国长江流域年平均气温在50年代偏高,50—60年代下降,60—80年代在平均值上下波动,80年代以后上升。

3 结论

(1)1951—2010年近60年来中国长江流域夏季气温整体呈现上升趋势,在20世纪60年代以前呈下降趋势,在80年代以后呈上升趋势。

(2)长江流域夏季气温具有明显的空间差异性,整个长

(上接第210页)

系,加强政府引领,强化防雷减灾管理职能,将雷电灾害造成的危害降到最低,进而确保社会公共安全。

5 参考文献

- [1] 莫尚泽,宋应刚,江声荣,等.雷电灾害防护工作之现状及应对措施[J].河南科技,2013(16):167.

程的观测分析[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(3):45-49.

- [5] 唐仁茂,李德俊,向玉春,等.地基微波辐射计对咸宁一次冰雹天气过程的监测分析[J].气象学报,2012,70(4):806-813.
- [6] 雷恒池,魏重,沈志来,等.微波辐射计探测降雨前水汽和云液水[J].应用气象学报,2001(增刊1):41-43.
- [7] 王黎俊,孙安平,刘彩虹,等.地基微波辐射计探测在黄河上游人工增雨中的应用[J].气象,2007,33(11):28-33.
- [8] 金德镇,雷恒池,谷淑芳,等.机载微波辐射计测云中液态含水量[J].气象学报,2004,62(6):868-874.
- [9] 王波.地基微波辐射计大气环境遥感研究[D].青岛:中国海洋大学,2007.

江流域夏季气温异常在全区一致性分布的基础上,还存在着南北反向和东西反向的差异。

(3)长江流域各分区气温异常偏低年多在前期,而气温异常偏高年份多发生在近期。说明长江流域夏季气温近年来逐年升高的情况与全球性的温室效应相呼应。

4 参考文献

- [1] 商兆堂,项瑛,张旭辉,等.暴雪天气过程对江苏农业生产的影响[J].中国农业气象,2008,29(2):247-249.
- [2] 苏布达,姜彤.1990s长江流域降水趋势分析[J].湖泊科学,2003(15):38-48.
- [3] 姜彤,苏布达,王艳君,等.四十年来长江流域气温、降水与径流变化趋势[J].气候变化研究进展,2005(2):65-68.
- [4] 吴宜进,熊安元,姜彤,等.近50年长江流域降水日数的演变趋势[J].长江流域资源与环境,2008(2):217-222.
- [5] 丁斌,顾显跃,缪启龙.长江流域近50年来的气温变化特征[J].长江流域资源与环境,2006(4):531-536.
- [6] 王龙学,寿绍文,杨金虎.长江中下游地区汛期暴雨频次的时空分布特征[J].长江流域资源与环境,2006(4):541-545.
- [7] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007:117-118.

- [2] 朱明,丘志彪,蔡木民,等.探讨农村雷电灾害的成因及防雷减灾对策[J].气象研究与应用,2012(1):90-92.
- [3] 李阳斌,邓朝阳.对农村雷电灾害成因分析及其防御措施的探讨[J].农村经济与科技,2010(9):127-128.
- [4] 陈惠敏.东山县农村雷电灾害多发原因及防护措施[J].现代农业科技,2009(16):243.
- [5] 卢宏义.农村雷电灾害研究[J].企业科技与发展,2012(17):73-74.