

地基式微波辐射计气象应用关键技术研究

沈 萍 陈 卓

西安市长安区气象局 陕西西安 710100

摘 要: 本文基于对气象探测情况的了解,阐述了微波辐射计的自身工作原理以及关键性能指标基础理论,根据实际情况进一步对微波辐射测量、辐射传输模型构建、微波辐射计量定标等应用技术进行深入分析,切实提高气象探测精准程度,同时也已经成为天气预报中的重要探测手段。

关键词: 微波辐射计; 气象监测; 模型构建

Research on Key Technologies of Meteorological Application of Ground-based Microwave Radiometer

Ping Shen, Zhuo Chen

Meteorological Bureau of Chang'an District, Xi'an, Shaanxi 710100

Abstract: Based on the understanding of meteorological detection, this paper expounds the working principle of the microwave radiometer and the basic theory of key performance indicators. According to the actual situation, the application technologies such as microwave radiation measurement, radiation transfer model construction, and microwave radiation measurement calibration are further carried out. In-depth analysis can effectively improve the accuracy of meteorological detection, and it has also become an important detection method in weather forecasting.

Keywords: Microwave radiometer; Meteorological monitoring; Model construction

随着社会经济的快速发展,全球变暖、空气质量大幅度下降和极端天气等多种气象灾害发展趋势日益严重,促使人们逐渐加大了对气象探测的关注度,而利用微波辐射计能够实现全天实时气象监测,能够根据所测数据来反映气象变化情况,推进了气象探测的可持续发展进程。地基多通道微波辐射计采用全被动接收方式工作,无需对外发射电磁信号即能实时获得高时空分辨率的大气湿廓线,积分水汽和液态水等参数,在气象探测、数值天气预报、人工影响天气、通讯和军事等领域有着重要的作用。传统大气探测是通过探空气球、火箭和航天飞机等设备携带传感器直接探测,这些手段不仅昂贵而且很难获取实时连续的观测数据,不利于大气参数的

实时监测和分析。微波辐射计作为一种新型的被动遥感设备在大气探测领域得到了越来越多的应用。微波辐射计不仅能够弥补传统常规大气探测资料的不足,而且还能够克服传统探测方法的诸多局限性,具有独立工作的能力,可穿透云雾全天时全天候的工作,是大气探测的重要手段之一。

本文采用的MWP967KV型地基多通道微波辐射计由西安电子工程研究所自主研发,利用历史探空秒数据作为微波辐射计的训练样本,以国内外微波辐射计在气象探测中应用的关键技术为参考,分析评估了一些主要的微波辐射计的计量定标、算法。为国产微波辐射计的应用推广提供参考。

地基多通道微波辐射计是用于对流层大气状态参数实时遥感探测的新型精密仪器,能够持续测量距地面10公里范围内的温度、水汽、液态水廓线等,系统以完全被动的探测方式获取大气辐射亮温,最后通过神经网络算法反演得到连续实时的对流层大气温度、水汽、液态水廓线以及积分水汽和积分液态水等大气状态参数。

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研究基金课题2020G-20《基于微波辐射计的大气水汽特征分析与应用》。

作者简介: 沈萍(1974-),女,汉族,新疆和田人,硕士,高级工程师,从事大气探测工作。

仪器同时还配备了红外观测仪,用来探测云底温度,这对监测天气状态和提高水汽反精度等有着重要作用。

1 微波辐射计在气象探测中应用的关键技术分析

1.1 微波辐射测量技术

从微波辐射测量理论方面看,一般情况下,当所有温度高于绝对物质时都会产生辐射电磁能量,同时还会对周围环境、物体的热辐射能量进行一定程度的吸收,如果能够实现全方位、多频率的能量吸收,且不会出现任何反射、透射情况,则可将其称为理想黑体。在微波波段黑体的温度越高则亮度越大,从而通过对黑体温度的测量,就能对其亮度进行有效计算,当实际物体吸收和辐射电磁波都小于黑体时,可称其为灰体。对于微波辐射计系统来说,所接收到的同一特定方向的天线辐射可能来源于多个辐射源,其中包括大气自身的下沉辐射、地物辐射、反射及散射等,想要进一步明确天线输出功率和观测目标辐射之间的关系,需要利用相应技术对物体亮温进行测量和计算;

从气象探测对象方面看,大气气象要素中主要包含属性和物理量两方面,而微波辐射计探测内容包括温度、液态水和水汽含量等具体气象参数。首先,需要根据实际云层情况,来计算大气水汽和云液态水总含量;其次,需要在辐射计亮度反演过程中对同时段水汽密度值进行精准测量;再次,当大气湿空气达到饱和状态时,其中存在的水汽会形成固态,并利用方程式来计算饱和水汽压值;最后,利用微波辐射测量技术以及相对湿度含量来对天气状态进行有效判断,主要是对大气进行分层判断,来对不同高度的大气湿度进行针对性检测^[2]。

1.2 辐射传输模型构建

在大气微波辐射传输模型构建过程中,主要是以气象条件下的相关系数为依据,再利用相关公式来对大气辐射亮度进行精准计算,具体可详细分为以下两种模型结构,有利于充分发挥微波辐射计的实际价值。

第一,晴朗无云天气模型构建。首先需要根据大气实际情况,并严格按照相关准则进行模型构建,同时还需要将连续的温度、压强和水汽密度等曲线进行离散化,能够为接下来的数值计算提供科学依据。利用相关系数详细划分模型内大气的微粒密度、尺寸分布等具体内容,同时还需充分考虑微波频率、方向和微波源等内容,实现晴朗无云模型的优化构建;第二,云天大气微波辐射模型构建。对于大气云天情况来说,在模型构建过程需要充分考虑云的衰减作用,主要是对衰减因子活动范围与情况的考虑。通常情况下,相关云参数包括

高度、成分、形状、云液态水密度等,需要以此为依据进行计量模型的精准构建,除此之外,通过同种数值的曲线对比,可得出在浓霾条件下辐射亮温曲线与无云状态较为类似,主要是由于云层中水含量较少,不能对亮温测量起到较大影响,同时还由于频率变化幅度较为平缓,可利用云衰减系数和云液态含量进行数值计算,确保其具有较强的线性关系,有助于完整辐射传输模型的系统构建。

1.3 微波辐射计量定标

从微波辐射计运作方面看,其主要是通过接收大气数值信号,通过一系列数值计算和转化来将具体电压值进行有效输出,在此基础上,需要利用计量定标技术来明确接收辐射量值与输出电压信号之间的定量关系。在进行微波辐射计绝对测量过程中,定标则是保证数值准确的重要步骤,具体计量定标方法可大致分为以下形式:

第一,绝对定标法。此种方法在进行绝对定标源选择时,可选择黑体吸波材料或液氮等形式,且具有较强的耐高温性特点。由于黑体吸波材料凭借其自身材料属性可看作是气象探测的理想黑体,可进一步将其环境温度当成黑体亮温,而对于液氮来说,具有较强的稳定特性,可以将具有同等效果的亮温设置为定值来作为冷源,并利用相应方程式对输出电压值进行准确测量^[3];第二,噪声注入定标法。由于多种因素的影响,需要对测定物质进行针对性选择,同时还要在微波辐射计内设置噪声二极管,利用其自身产生的具有较强稳定性的高斯白噪声,来对于接收机的连接性进行有效控制和切换,切实达到对噪声源进行准确标定的目的;第三, Tipping-curve 定标法。主要是利用观测路径和角度之间具有的线性关系,对大气微波辐射进行有效传输,同时还需要对光学厚度、线性关系式进行充分考虑,确保大气辐射衰减路径与其垂直方向呈正切关系。

1.4 大气反演定量算法

以辐射计亮温值为依据,对目标探测信息进行反向求解,其具体过程主要是利用测量到的多个频率通道,或者是多个亮温值来作为反演算法的输入变量,来切实达到大气参数变量的目的。在大气反演过程中,首先需要通过接收信号来有效收集大气中的各项参数数据,然后将无线探空仪中的观测数据传输到微波辐射传输模型中,继而进行模拟亮温的有效试验,在此基础上,需要融合随机噪声来进行反演算法,利用相关数式来得出反演剖面误差。从目前情况看,微波辐射计的反演方法可

大致分为物理方法和统计方法两种形式。物理方法主要是根据大气微波辐射传输特性,利用相关方程式来得到大气的各项状态参数;统计方法则是对大气状态、辐射计量值等具体参数进行统计比对,从而构建良好的关系状态。

大气反演定量算法是以大气温度、大气水汽反演原理为依据,通过对反演气象数据的各项数据来源内容的采集,其中包括温度剖面、气压剖面、水汽密度剖面等,利用各项反演算法,比如线性回归反演算法、BP神经网络反演算法等,实现对晴朗无云条件大气水汽总含量进行反演仿真。于探空设备中没有直接探测到液态水,因此就需要根据经验模型添加液态水,进而训练神经网络参数用以反演大气液态水的时空分布变化。从而有效得出较为精准的反演结果,将其控制在允许误差范围内,从而满足微波辐射系统的应用要求。

2 结论

综上所述,在气象探测过程中,加大对微波辐射计的应用力度,是满足现代化社会发展的必然趋势,同时也是提高气象探测质量和水平的重要途径,因此,必须要积极转变探测观念,创新气象探测模式,深化气象探测内容,不断提升人员专业能力,有利于对环境效益起到一定改善效果。

参考文献:

- [1]牟艳彬,宋静.HTG-4型微波辐射计的航空气象预报应用研究[J].高原山地气象研究,2018,38(01):35-41.
- [2]欧映瑜,朱克云.微波辐射计对昆明雾天的监测及应用[J].成都信息工程大学学报,2018,33(01):54-61.
- [3]王周翔,王旗.微波辐射计的应用及研究进展[J].现代农业科技,2017(09):223-224+226.