

广州夏季地基微波辐射计红外传感器观云性能分析

潘赓^{1, 2} 王振会^{1, 2*} 姜苏麟² 雷连发^{2, 3} 李青² 马丽娜²

(1 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心中国气象局气溶胶-云-降水重点实验室, 南京 210044;
2 南京信息工程大学大气物理学院, 南京 210044; 3 西安电子工程研究所 西安 710100)

摘要 为进一步评估地基微波辐射计红外传感器的观云性能, 收集了 2017、2018 两年 5—7 月布设在广州野外雷电实验基地的一台 MWP967KV 型地基微波辐射计红外传感器与一台 K/LLX502B 型激光测云仪观测的云底高度数据, 并利用人工观测的天空状况、云状数据进行分类, 在不同云类、天空状况下对地基微波辐射计红外传感器云识别和观测云底高度的性能进行分析。结果表明: ①地基微波辐射计红外传感器具有良好的云识别能力, 准确率达 80.4%, 由于观测视角的原因, 未能识别出有云存在主要发生在“多云”情况下。②地基微波辐射计红外传感器与激光测云仪所测云底高度相关系数为 0.63, 有着较好的一致性。③因为观测原理不同, 地基微波辐射计红外传感器所测云底高度总是高于激光测云仪, 且两部仪器在低云阴天时所测的云底高度一致性要优于中、高云多云。综上所述, 地基微波辐射计红外传感器用来识别云、观测云底高度具有一定的可行性, 尤其是在低云、“阴天”条件下, 有着较好的观云性能。

关键词 云识别; 云底高度; 微波辐射计; 红外传感器; 激光测云仪

中图分类号: P41 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20190075 **文献标识码:** A

引言

云是影响大气运动的重要因素之一, 与大气的热力过程、动力过程、水汽循环和能量收支等密切相关^[1-3]。云底高度与云的生成、发展息息相关, 是云垂直结构的重要因子。云底高度通常可以利用目测法、毫米波云雷达、激光测云仪以及红外测云仪进行测量。目测法能够较好的观测云状, 但在观测云底高度时, 由于主观性强、观测不连续, 存在着观测精度低、实时观测能力较差等问题^[4]。毫米波云雷达是一种主动遥感设备, 通过向天空发射毫米波段电磁波并接受云中水凝物的后向散射回波, 从而得到包括云底高度、云顶高度等垂直结构的信息^[5-7]。毫米波雷达能够较完整的探测云内部的三维结构, 对云的垂直剖面变化进行连续监测, 但是造价高、不易维护^[8]。激光测云仪也是一种主动遥感设备, 通过向云发射激光, 再根据接受到不同高度后向散射

的信号, 可以判别云底高度和云层厚度等要素^[3, 6]。激光测云仪能够以较高精度探测单点云高, 但是在雾霾天气输出云高数据偏低, 在降水天气输出云高数据偏高^[9]。红外测云仪则是一种被动遥感设备, 通过测量云在大气窗区的红外辐射强度(亮温值), 根据辐射传输方程反演云底高度^[10]。红外测云仪能够昼夜观测, 数据获取率高, 但由于云底辐射亮温受到气溶胶、水汽和云体厚实程度等因素的影响, 存在算法复杂, 测量误差较大等问题^[11]。不同设备观测云底高度的原理、方式不同, 测量云底高度的性能各有优点和不足, 所测云底高度的结果也存在差异。胡树贞等^[12]通过与探空数据的对比分析, 发现毫米波测云仪测量云底高度探测误差较小, 尤其在多层云、卷云条件下, 毫米波测云仪探测能力明显优于激光云高仪。研究表明^[13-14], 与毫米波雷达相比, 激光测云仪对低云的观测能力较好, 在观测中、高云时, 由于低层云的遮挡, 激光测云仪会过低估计云底

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家自然科学基金(41675028)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)资助

作者简介: 潘赓, 男, 1995 年生, 硕士研究生, 主要从事微波辐射计数据处理与应用研究, Email: 893713433@qq.com

收稿日期: 2019 年 2 月 19 日; 定稿日期: 2019 年 6 月 13 日

* 通信作者, Email: eiap@nuist.edu.cn

高度。郭伟^[15]在分析地基红外测云仪探测能力时,发现地基红外测云仪与激光云高仪在测量中、低云的云底高度时一致性较好,观测高云时存在较大差异。章文星等^[16]证明了利用红外亮温遥感云底高度是可行的,但其结果会受到大气温湿廓线的影响。目前的地基微波辐射计(MWR)可以提供地面到高空 10 km 以内,较高时间、垂直分辨率的大气温湿廓线,同时搭载红外传感器(IRT)以获得云的亮温值^[17-20]。结合 MWR 得到的大气温湿廓线,可以得到较高时间分辨率的云底高度。周伶俐等^[21]利用 MP-3000A 型地基微波辐射计红外传感器(MWR_IRT)提供的云底高度数据与激光云高仪进行比较分析,发现两者所测云底高度相关系数为 0.65,一致性较好;同时文中还针对不同天气条件(不同程度的雾霾天),从激光云高仪的性能角度出发,分析两部仪器观测云底高度的一致性。

实际上,不同的云状、天空状况因其云厚度、水平尺度和含水浓度等特征不同,用基于不同原理、不同性能的仪器观测到的云底高度会有一定差异,但尚未见研究从 MWR_IRT 反演原理的角度出发,针对 MWR_IRT 上方云类、天空状况先进行分类然后再对其观云性能进行分析。本文收集了 2017、2018 年 5—7 月布设在广州野外雷电实验基地的一台 MWP967KV 型 MWR_IRT 观测的云底高度和 K/LLX502B 型激光测云仪观测的云底高度,并利用目测法观测、记录天空状况和云状等信息。根据人工观测的天空状况和云状信息对 MWR_IRT 上方的云进行分类,利用人工观测和激光测云仪的数据与 MWR_IRT 的数据进行对比,从而对 MWR_IRT 识别云的能力以及观测云底高度的性能进行分析。

1 观测仪器

本文使用 MWP967KV 型地基微波辐射计 IRT 传感器和 K/LLX502B 型激光测云仪观测云底高度。

MWP967KV 型地基微波辐射计^[22]所携带的红外传感器(IRT)工作波长为 11 μm ,用于测量辐射计天顶方向的红外辐射强度(用亮温值表示)。晴空时,MWR_IRT 接受到的红外辐射仅来自大气和宇宙背景。有云时,MWR_IRT 接受到的红外辐射主要来自云,在假设云为黑体、云底之下大气衰减可忽略的情况下 MWR_IRT 给出的红外亮温度,即为

云底温度。由云底温度和微波辐射计反演的大气温度廓线进行比对(图 1),得到云底高度,记为 C_{BHR} ^[23]。需要注意的是,无论晴天还是云天,MWR_IRT 总能接受到红外辐射,所以即便是晴天时,MWP967KV 型地基微波辐射计依然可以给出云底高度的信息,但是这并不代表真的有云存在。在进行云识别时,可以结合微波辐射计相对湿度廓线的数据来判别是否有云。当 MWR_IRT 给出云底高度处的相对湿度大于 80% 时,即认为有云,否则认为是无云。

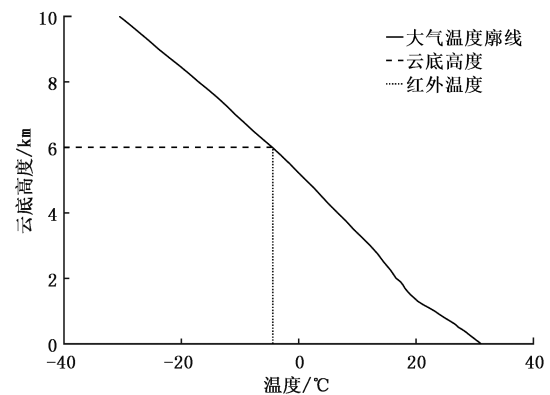


图 1 MWR_IRT 观测云底高度原理

K/LLX502B 型激光测云仪波长为 1.06 μm ,输出激光能量为 0.01 J,脉冲宽度为 18 ns,距离分辨率优于 50 m。仪器内部装有角度传感器,仰角测量范围为 $45^\circ \sim 90^\circ$,测量误差为 $\pm 0.8^\circ$ 。当激光测云仪的仰角大于 45° 时,根据仰角测量的结果,可以将斜距自动换算为垂距离(图 2)。假设发射激光后的

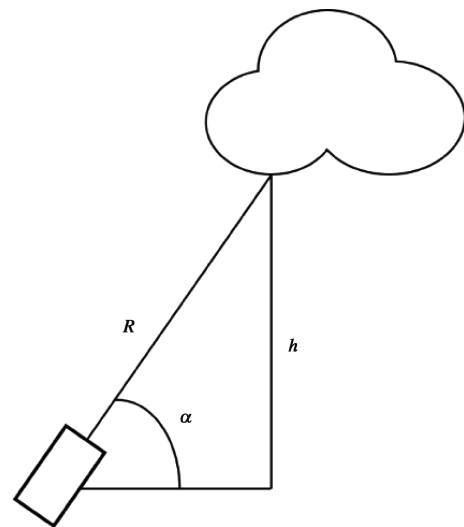


图 2 K/LLX502B 型激光测云仪观测云底高度原理

t 时刻,激光测云仪接受到云底对激光的后向散射信号,激光测云仪的仰角为 α ,则可以计算出云底高度 h 为:

$$h = R \sin \alpha = \frac{1}{2} ct \sin \alpha \quad (1)$$

式中, R 为斜距, c 为光速。激光测云仪观测的云底高度记为 C_{BHL} 。

2 数据分析

本文依据 2017、2018 年 5—7 月的 C_{BHR} 和 C_{BHL} 数据,并人工观测和记录了对应时段的天空状况和云状。经时间匹配,得到了 388 个时次的数据。

2.1 云识别性能评估

为了评估 MWR_IRT 识别云的性能,利用人工观测和激光测云仪的数据与 MWR_IRT 的数据进行对比分析。MWR_IRT 与人工观测的云识别一致性(同时识别为有云或同时识别为无云)比重为 80.4%,不一致的情况均为人工观测识别为有云而 MWR_IRT 识别为无云(表 1)。MWR_IRT 与激光测云仪的云识别一致性比重为 77.9%,不一致的情况主要为激光测云仪识别为有云而 MWR_IRT 识别为无云(表 2)。激光测云仪和人工观测识别云一致性的比重为 91.3%,不一致的情况主要是人工观测识别为有云但是激光测云仪识别为无云(表 3)。从表 1—3 可以看出,MWR_IRT 可以较好的识别出是否有云,但识别准确率低于激光测云仪,尤其体现在有云存在但是无法识别这一情况下。

为进一步分析 MWR_IRT 无法识别出有云存在的原因,本文针对微波辐射计天顶方向进行不同天空状况的分类。根据人工观测的记录,考虑 MWR_IRT 天顶及其一定天顶角(参照主波束角宽度)范围内,如果完全被厚实的云层遮盖,则定义为“阴天”;如果有云,但云层稀薄或者可以看见天空(云块之间有缝隙)时,就定义为“多云”。这样分类是因为 3 种观测方法的视角存在差异,人工观测可以看到几乎整片天空是否有云存在,但是 MWR_IRT 只能探测到天顶方向一定范围内是否有云存在。当天空有云存在,但不在 MWR_IRT 主波束范围内,或者主波束范围内只有部分区域有云存在时,即出现“多云”情况,MWR_IRT 可能无法识别出云的存在。在 76 例人工观测识别为有云而 MWR_IRT 识别为无云的个例中,有 66 例(86.8%)天空状

况为“多云”。在 68 例激光测云仪识别为有云而 MWR_IRT 识别为无云的个例中,有 55 例(83.3%)天空状况为“多云”。可以看出,由于观测视角的原因,MWR_IRT 无法识别出云主要出现在“多云”情况下。

表 1 2017、2018 年 5—7 月广州试验基地 MWR_IRT 和人工观测识别云对比

		人工观测	
		有云(占比)	无云(占比)
MWR_IRT	有云(占比)	286(73.7%)	0(0.0%)
	无云(占比)	76(19.6%)	26(6.7%)

表 2 2017、2018 年 5—7 月广州试验基地 MWR_IRT 和激光测云仪识别云对比

		激光测云仪	
		有云(占比)	无云(占比)
MWR_IRT	有云(占比)	268(69.1%)	18(4.6%)
	无云(占比)	68(17.5%)	34(8.8%)

表 3 2017、2018 年 5—7 月广州试验基地激光测云仪和人工观测识别云对比

		人工观测	
		有云(占比)	无云(占比)
激光测云仪	有云(占比)	332(85.6%)	4(1.0%)
	无云(占比)	30(7.7%)	22(5.7%)

考虑到 MWR_IRT 识别云的准确率略低于激光测云仪,因此将人工观测和激光测云仪均识别为有云时的情况定义为“确定有云”。对 332 例“确定有云”的数据进行分类(图 3)。从图 3 可以看出,

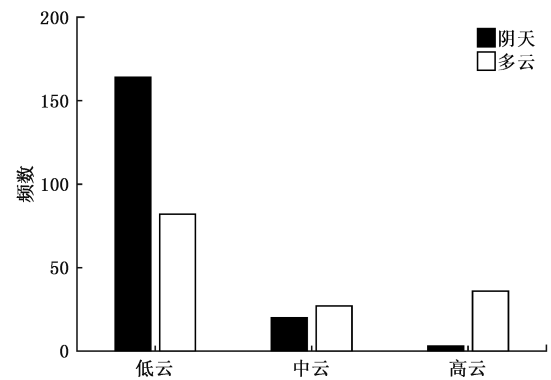


图 3 2017、2018 年 5—7 月广州试验基地有云时微波辐射计天顶天空状况频数分布

2017、2018 两年 5—7 月广州市从化区阴天主要是低云造成的,出现低云的频数远高于中、高云出现的频数。低云时,辐射计上空阴天的频数明显高于多云的频数;中云时,辐射计上空阴天和多云的频数相近;高云时,辐射计上空出现阴天的频数则明显低于多云的频数。

2.2 云底高度一致性分析

图 4 为这 332 例有云情况下 C_{BHIR} 和 C_{BHL} 对比

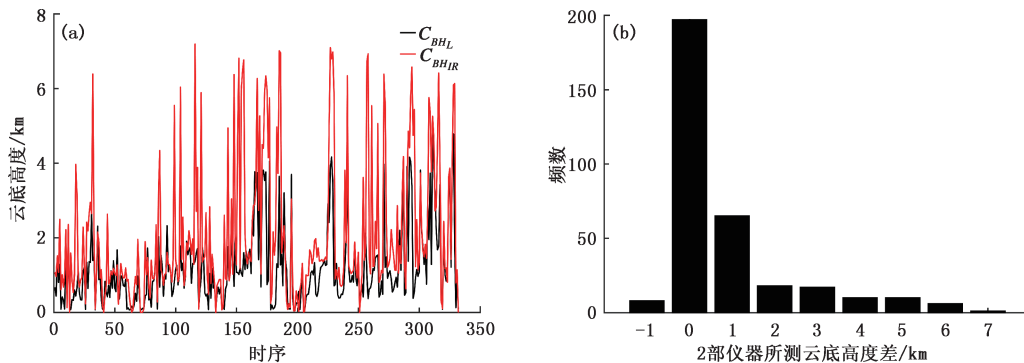


图 4 2017、2018 年 5—7 月 322 例有云样本 C_{BHIR} 与 C_{BHL}

时间序列(a)及云底高度差($C_{BHIR} - C_{BHL}$)频数分布(b)

(C_{BHIR} 为 MWR_IRT 所测云底高; C_{BHL} 为激光测云仪所测云底高,下同)

为了进一步分析不同天空状况、云类情况下的 C_{BHIR} 与 C_{BHL} 差异,本文统计了不同天空状况、云类云底高度的差值(图 5)。从图 5 可以看出,低云时云底高度的差值主要集中在 400 m 以内,随着云底高度的增加,差值不仅越来越大,而且离散程度也越来越大。低云时,差值在“阴天”与“多云”时的分布差异较小,“阴天”的差值离散程度略小。中云时,“阴天”的离散程度与“多云”的离散程度接近,但“阴天”时的差值明显小于“多云”时的差值。高云时,“阴天”时的差值不仅明显小于“多云”时的差值,且离散程度也要小于“多云”。也就是说,云底高度越低、云层越厚越密集, C_{BHIR} 和 C_{BHL} 之间的一致性就越好,云底高度越高、云层越稀薄,两者的差异就越大。导致这一现象的原因与 MWR_IRT 反演云底高度的原理有关。在“多云”情况下,如果云层稀薄,云的发射率小于 1,无法将云看作黑体;此外,如果云没有完全充塞 MWR_IRT 的波束,会使充塞系数小于 1。这两点都会导致 MWR_IRT 观测到的云底温度较真实的云底温度偏低,从而使反演出的 C_{BHIR} 偏高。由 2.1 可知,低云时 MWR_IRT 上方“阴天”的几率远高于中、高云,随着高度的增加,云

信息。图 4a 为 C_{BHIR} 和 C_{BHL} 的时间序列,黑色的线为 C_{BHL} ,红色的线为 C_{BHIR} 。图 4b 为 C_{BHIR} 减去 C_{BHL} 所得差值的频数分布。从图 4a 中可以明显看出,低云时 C_{BHIR} 与 C_{BHL} 较为接近,但在中、高云时, C_{BHIR} 与 C_{BHL} 存在较大差异。结合图 4b 可以发现, C_{BHIR} 与 C_{BHL} 的差值主要集中于 0 km 附近,表明 C_{BHIR} 和 C_{BHL} 两者相近。另外, C_{BHIR} 高于 C_{BHL} 的频数明显大于 C_{BHL} 高于 C_{BHIR} 的频数,也就是说 C_{BHIR} 总是偏高。

层会较低云而言更加稀薄,MWR_IRT 主波束的线宽度也在增加,云更难充塞整个波束,所以在测量中、高云时 C_{BHIR} 会出现偏高的情况。因此,两者在测量低云时比较接近,测量中、高云会出现较大的差异。但即便是低云阴天时, C_{BHIR} 仍然普遍高于 C_{BHL} 。这是因为对于非降水云而言,云底边沿粒子因蒸发而较小,激光波长较短、散射较强,有利于探测小粒子,而微波波长较长、散射较弱,不利于探测小粒子。这也就解释了 C_{BHIR} 高于 C_{BHL} 的频数明显大于 C_{BHL} 高于 C_{BHIR} 的频数。

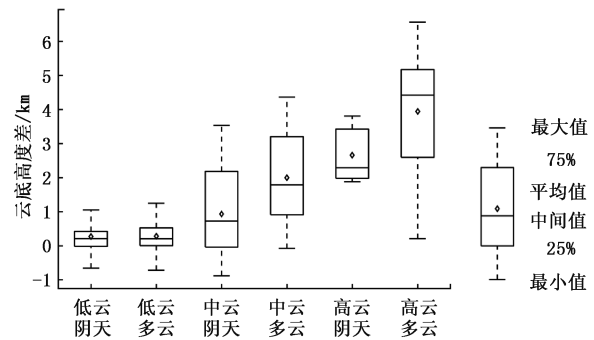


图 5 2017、2018 年 5—7 月 322 例有云样本不同天空状况、云类情况下 2 部测云仪器云底高度差箱线图

由 332 例有云情况下 C_{BHIR} 和 C_{BHL} 数据计算表明, C_{BHIR} 和 C_{BHL} 的相关系数为 0.63, 与周伶俐等^[21] 所得相关系数 0.65 相近。这表明 MWP967KV 型 MWR_IRT 和 K/LLX502B 型激光测云仪两者观测云底高度的一致性较好。表 4 给出了 C_{BHIR} 与 C_{BHL} 在不同云天状态下的相关系数。从表 4 中可以发现, 低云阴天和低云多云时 C_{BHIR} 与 C_{BHL} 的相关系数分别为 0.69 和 0.66, 远高于其它云天状态下的相关系数。随着云底高度的增加, C_{BHIR} 与 C_{BHL} 的相关系数有着明显的下降趋势, 阴天时的相关系数也明显要高于多云时的相关系数。在多云条件下, 中、高云的 C_{BHIR} 与 C_{BHL} 的相关系数分别只有 0.11 和 0.01。可见两部仪器所测云底高度在低云阴天时的一致性要优于中、高云多云情况下的一致性。

表 4 不同云天状态下 MRW_IRT 和激光测云仪所测云底高度的相关系数

低云阴天	低云多云	中云阴天	中云多云	高云阴天	高云多云
0.69	0.66	0.47	0.11	0.36	0.01

3 总结与讨论

本文结合人工观测的天空状况和 K/LLX502B 型激光测云仪的观测数据对 MWP967KV 型微波辐射计 IRT 的观云性能进行分析。

(1) MWR_IRT 识别云的性能低于激光测云仪, 但仍然可以达到 80.4% 的准确率, 由于观测视角的原因, 无法识别出云主要出现在“多云”情况下。

(2) C_{BHIR} 和 C_{BHL} 的差值主要集中在 0 km 附近, 且二者一致性较好, 相关系数为 0.63。

(3) 相比于激光而言, 微波探测小粒子的能力较弱, 而非降水云的云底边沿粒子较小, 所以 C_{BHIR} 总是高于 C_{BHL} 。

(4) 在低云阴天时, C_{BHIR} 和 C_{BHL} 的一致性要优于中、高云多云时的一致性, 这是因为如果出现云层稀薄, 或者云没有完全充塞 MWR_IRT 波束的情况, 会导致 C_{BHIR} 偏高, 而中、高云多云出现这一情况的概率要高于低云阴天。

综上所述, MWP967KV 型 MWR_IRT 有着良好的观云性能, 尤其是在低云、“阴天”情况下观测云的性能优于中高云、“多云”。本文使用的 K/LLX502B 型激光测云仪对中、高云的观测能力有限, 期望在进一步的研究中能使用对中、高云探测能

力较好的毫米波雷达来实验, 并考虑 MWR_IRT 反演云底高度过程中温度廓线自身误差对云高观测的影响。

致谢: 对西安电子工程研究所卢建平研究员和他的团队在微波辐射计方面提供技术支持表示感谢。感谢国防科技大学气象海洋学院李浩教授提供的激光测云仪及其相关支持。感谢广州野外雷电试验基地提供观测场地。感谢中国气象科学研究院和广东省气象局提供的有关支持。

参考文献

- [1] Berger F H, Bolle H J, Fell F, et al. Validation of optical cloud parameters inferred from satellite measurements by ground observations [J]. *Advances in Space Research*, 1989, 9(7): 153-159.
- [2] 汪宏七, 赵高祥. 云和辐射[J]. *大气科学*, 1994, 18 (增刊 1): 910-932.
- [3] Pal S R, Steinbrecht W, Carswell A I. Automated method for lidar determination of cloud-base height and vertical extent [J]. *Applied Optics*, 1992, 31(10):1488-94.
- [4] 莫伟强, 尹淑娴. 激光雷达测云高与人工观测的对比分析[C] //第 32 届中国气象学会年会 S16 地基遥感观测技术与应用. 2015.
- [5] Quante M, Lemke H, Flentje H, et al. Boundaries and internal structure of mixed phase clouds as deduced from ground-based 95-GHz radar and airborne lidar measurements [J]. *Physics & Chemistry of the Earth Part B Hydrology Oceans & Atmosphere*, 2000, 25(10-12):889-895.
- [6] 刘黎平, 仲凌志, 江源, 等. 毫米波测云雷达系统及其外场试验结果初步分析[J]. *气象科技*, 2009, 37(5):567-571.
- [7] 仲凌志, 刘黎平, 葛润生, 等. 毫米波测云雷达的系统定标和探测能力研究[J]. *气象学报*, 2011, 69(2):352-362.
- [8] 王喆, 王振会, 曹晓钟. 毫米波雷达与无线电探空对云垂直结构探测的一致性分析[J]. *气象学报*, 2016, 74(5):815-826.
- [9] 朱君, 曹晓钟, 李晓兰. 激光云高仪与可见光测云仪观测试验对比[J]. *气象科技*, 2017, 45(4):31-35.
- [10] Wang P, Lv D, Lin H. Remote sensing of cloud bottom height and cloud temperature by infrared radiometer [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1989, 3(1):54-63.
- [11] 陶法, 马舒庆, 秦勇, 等. 基于双目成像云底高度测量方法[J]. *应用气象学报*, 2013, 24(3):323-331.
- [12] 胡树贞. 地基主动式云自动观测设备外场比对试验[J]. *气象科技*, 2017, 45(6):988-994.
- [13] 章文星, 吕达仁. 地基热红外云高观测与云雷达及激光云高仪的相互对比[J]. *大气科学*, 2012, 36(4):657-672.
- [14] 吴翀, 刘黎平, 翟晓春. Ka 波段固态发射体制云雷达和激光云高仪探测青藏高原夏季云底能力和效果对比分析[J]. *大气科学*, 2017, 41(4):659-672.
- [15] 郭伟. 地基红外测云仪探测能力分析[J]. *气象科技*, 2016,

- 44(6):860-866.
- [16] 章文星, 吕达仁, 常有礼. 地基热红外亮温遥感云底高度可行性的模拟研究[J]. 地球物理学报, 2007, 50(2):354-363.
- [17] Jiang S, Pan Y, Lei L, et al. Remote sensing of the lightning heating effect duration with ground-based microwave radiometer [J]. Atmospheric Research, 2018, 205(1):26-32.
- [18] Wang Z, Li Q, Hu F, et al. Remote sensing of lightning by a ground-based microwave radiometer [J]. Atmospheric Research, 2014, 150(1):143-150.
- [19] Ware R, Carpenter R, Guldner J, et al. A multichannel radiometric profiler of temperature, humidity and cloud liquid [J]. Radio Science, 2016, 38(4):44,1-44,13.
- [20] 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.
- [21] 周伶俐, 徐桂荣, 吴栋桥, 等. 激光云高仪和红外测温仪的云高观测性能比较分析[J]. 暴雨灾害, 2018, 37(5):470-478.
- [22] 朱磊, 卢建平, 雷连发, 等. 新型多通道微波辐射计及大气观测分析[J]. 火控雷达技术, 2014, 43(1):84-88.
- [23] Xu G, Xi B, Zhang W, et al. Comparison of atmospheric profiles between microwave radiometer retrievals and radiosonde soundings [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2015, 120(19): 10,313-10,323.

Performance Analysis of an Infrared Thermometer Equipped in a Ground-Based Microwave Radiometer for Cloud Observation

PAN Yun^{1, 2} WANG Zhenhui^{1, 2} JIANG Sulin² LEI Lianfa^{2, 3} LI Qing² MA Lina²

(1 Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, CMA Key Laboratory of Aerosol-Cloud-Precipitation, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044;

2 School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044;

3 Xi'an Electronic Engineering Research Institute, Xi'an 710100)

Abstract: In order to further evaluate the performance of the infrared thermometers of ground-based microwave radiometers to observe clouds, the cloud based height data measured by a MWP967KV infrared thermometer equipped in a ground-based microwave radiometer and a K/LLX502B-typed laser cloud detector, which were set up in the Guangzhou Field Experiment Site for Lightning Research and Tests from May to July of 2017 and 2018, are collected. At the same time, the manual observations of weather conditions and cloud types are used for classification. The performance of the infrared thermometer for cloud identification and cloud based height measurement is analyzed under different weather conditions and cloud types. The results show that the infrared thermometer in the ground-based microwave radiometer has good cloud recognition capability, and the accuracy rate is 80.4%. The failure to identify cloud mainly occurs in the cloudy situation due to the observation angle. The correlation coefficient of the cloud based height measured by the two instruments is 0.63, which means good consistency. The cloud based heights measured by the infrared thermometer are always higher than those of the laser cloud detector, and the consistency of cloud based heights measured by the two instruments at low clouds and overcast conditions is better than those measured at middle, high clouds and clouds conditions, because the observation principles are different. It is feasible for the infrared thermometers in the microwave radiometers to identify the clouds and measure cloud based heights, especially under low cloudy and overcast conditions.

Keywords: cloud identification; cloud based height; ground-based microwave radiometer; infrared thermometer; laser cloud detector