

塔克拉玛干沙漠腹地2009年 大气水汽含量的日变化特征

崔丽娜^{1,3}, 史玉光², 崔彩霞³, 赵玲⁴, 李艳永^{1,3}

(1. 新疆师范大学地理与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆维吾尔自治区气象局, 新疆 乌鲁木齐 800002;
3. 新疆维吾尔自治区气象局气象台, 新疆 乌鲁木齐 800002; 4. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 800002)

摘要:利用2009年1~10月塔中站地基GPS观测的大气水汽含量数据,分析了其在不同季节的日变化特征。结果表明:塔克拉玛干沙漠腹地全年大气水汽量的日变化特征呈正弦曲线,变化稳定,峰值出现在08时(北京时间,下同)和23时,为13.63 mm和13.85 mm;谷值出现在01时和14时,为12.91 mm和12.28 mm。1月大气水汽含量最少,平均值为7.09 mm,极小值出现在冬季1月21日13时,为0.95 mm;7月水汽含量最大,平均值达到20.01 mm,水汽含量极大值出现在8月6日7时,为34.75 mm,水汽含量日变化幅度最大月份为10月。

关键词:塔克拉玛干沙漠腹地;大气水汽含量

中图分类号:P426.1⁺³

文献标识码:A

水汽在大气中十分活跃,在全球变暖中充当了十分重要的温室气体的作用,水汽不但是产生降雨的必要条件,还直接影响到地面和大气中的水分平衡,进而影响到各地的气候。无论是地表水、土壤水还是地下水,都来自大气中的水分,大气降水是水资源的重要补给来源,大气水汽的研究对于人工增雨影响天气有着不可忽视的作用^[1]。20世纪以来,全球变暖已经成为国内外广泛关注的问题,水汽研究作为气候研究的重要组成部分有着不可替代的作用。

近年来地基GPS技术作为一种新的遥感探测技术应用于大气水汽观测,取得了很多成果。GPS/MET(水汽)遥感探测网可实时连续监测水汽变化,提供及时、准确的水汽分布及变化资料。该探测设备可获得高时间分辨率(每15~30 min)的水汽资料,提供水汽总量和廓线快速变化的信息,应用在预警、预报模式中,可提高降水特别是灾害性暴雨的预报能力^[2]。R. Pacione等^[3]利用超快星历和精密星历分别处理地中海地区地基GPS观测网数据,比较2种处理方法获取的长达2.5 a大气总水汽序列,标准偏差为1~4 mm,把利用超快速预报星历准实时

处理的结果同化到数值天气预报模式中,发现能改善模式的初始场,提高短期天气预报的精度。李国平^[4]等利用GPS遥感成都地区7~9月大气水汽含量资料,分析其日变化特征,发现具有明显日循环特征,最小值出现在08时,最大值出现在17时左右。

沙漠有其独特的下垫面构造,与其它下垫面相比,对人为扰动和气候变化具有极为敏感响应^[5-9];沙漠在其物质、能量以及水分循环方面有着特殊的规律。据统计,全球的沙漠面积占陆地总面积的20%左右^[10],且分布区域十分广泛,对区域气候的影响是不容忽视的。在塔克拉玛干沙漠地区开展空中水汽资源的研究,对于研究区域乃至全球的气候变化、物质循环以及合理的治理沙漠化有着重要的科学意义。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

新疆深居北半球欧亚大陆腹地,面积约164万km²,约占国土总面积的16.7%,而塔克拉玛干沙漠位于新疆塔里木盆地之中,北起和静,南至于田,西起乌恰县,东至若羌县,面积约33.76万km²。

收稿日期:2010-09-30;改回日期:2010-10-18

基金项目:新疆维吾尔自治区科技支疆项目(200891129)和国家自然科学基金项目(40875010)联合资助

作者简介:崔丽娜(1983-),女,新疆伊犁人,在读硕士,主要从事气候变化和水汽方面的研究. E-mail: zxacln@163.com

研究区塔中站位于塔里木盆地中央,是目前世界上唯一深入流动沙漠腹地 229 km 的气象观测站,位于 38°58' N, 83°40' E, 海拔高度 1 099.3 m^[11-12]。该地区年平均气温为 12.1 °C, 平均气温年较差 33.0 ~ 39.0 °C, 极端最高气温达 40.0 ~ 46.0 °C, 极端最低气温达 -20.0 ~ -32.6 °C。年平均降水量 25.9 mm 左右, 且年内分配不均衡, 春夏季的降水量占全年降水量的 90% 以上, 蒸发量极大, 年均蒸发量达 3 812.3 mm^[13-15]。

1.2 资料及方法

本研究采用北京大学刘晓阳等专家解算得到的 2009 年塔克拉玛干沙漠腹地 GPS 大气水汽含量数据(由于一些原因 5、11、12 月份部分数据缺失), 进行统计分析得出沙漠腹地全年的水汽日变化特征。目前, GPS 探测大气水汽含量精度^[3]在北美为 1.00 ~ 2.00 mm, 在日本为 2.66 ~ 3.70 mm, 国内为 2.90 ~ 5.00 mm, 本次实验观测数据具有精度较高, 时间序列连续性较好等优点, 有利于水汽含量日变化特征的分析。

GPS 系统一般用于精确地定位、导航以及定时, 有 24 颗卫星每天 2 次环绕地球运转。GPS 接收机可以接受来自卫星的 L1 和 L2 双频广播信号以修正地理位置与时间, 利用 GPS 遥感大气水汽含量即是根据其传播信号的延迟来求解。根据下载的国内外的部分跟踪站数据以及 IGS 精密星历, 利用 GAMIT 软件进行 2 次解算, 星历约束参数全部采用 0.01, 即 8 ~ 10 的相对精度, 迭代方案选用精密站坐标和精密星历全解算方式, 选用自动修复周跳方式^[16]。所有站点采用 IGS 提供的精确站坐标, 塔中站采用精确站坐标约束为 0.01 m 和 0.01 m, 跟踪站采用的坐标约束为 0.01 m, 0.01 m, 0.01 m 或 0.01 m, 0.01 m, 0.02 m。在求解的过程中, 采用了 GaussMarkov 统计方法, 模拟大气参数的变化和最小二乘法求解统计方程。大气延迟采用 49 个/d, 每 30 min 一个对流层延迟。

2 水汽日变化特征

2.1 2009 年全年水汽日变化特征

塔克拉玛干沙漠腹地全年大气水汽含量日变化特征大致呈正弦曲线(图 1), 其变化较为稳定, 水汽含量在 12 ~ 14 mm 之间, 有 2 个峰值与 2 个谷值。峰值出现在每日清晨 08 时(北京时, 下同)和夜晚 23 时, 分别为 13.63 mm 和 13.85 mm, 谷值出现在

每日 01 时和 14 时, 分别为 12.91 mm 和 12.28 mm。梁宏等^[17]研究得出, 拉萨河谷地区 1999 ~ 2008 年水汽含量日变化最大值出现在 15 ~ 16 时, 最小值出现在 09 时, 而塔克拉玛干沙漠腹地在 08 时和 23 时水汽含量最大, 01 时和 14 时最少。可以看出沙漠地区与河谷地区大气水汽含量日变化有很大差别。大气中水汽含量的多少与水汽压有着紧密的联系, 而水汽压的大小与蒸发快慢密切相关, 在地面条件一定的情况下, 水汽蒸发快慢主要受温度影响, 一天中最高温度出现在午后, 所以河谷地区一天中大气水汽含量最大值出现在午后。沙漠地区大气水汽日变化最大值出现在清晨, 最小值出现在午后, 这可能与沙漠地区独特的下垫面构造以及气候条件是密切相关的, 沙漠地区白天温度高, 湍流强, 蒸发进入大气的水汽含量相对较少, 清晨日出后产生少量水汽, 蒸发进入上层大气, 这部分水汽在日出前受到微弱的下沉气流作用进入近地面层中, 使得清晨水汽含量增大^[18]。对于该现象的解释还有另一种说法, 在沙层表层和沙层中水汽含量很小, 经蒸发使沙层中水分减少, 夜间停止蒸发, 深层的水分通过沙层慢慢上移, 08 时前沙层中水汽含量达到一个最大值, 再有些蒸发, 水汽量上升, 2 部分水汽量相加, 在 08 时, 空中水汽含量就达到了最大值^[18]。这 2 种说法都有一定道理, 但是否是其最终原因, 或者是另一种更好的解释还有待于进一步的研究。

从数据可以看出, 塔克拉玛干沙漠腹地大气水汽含量并不是极低的, 沙漠区域虽然蒸发的水汽很少, 但大气水汽还有一个重要来源是大气环流所带来的外来的水汽。

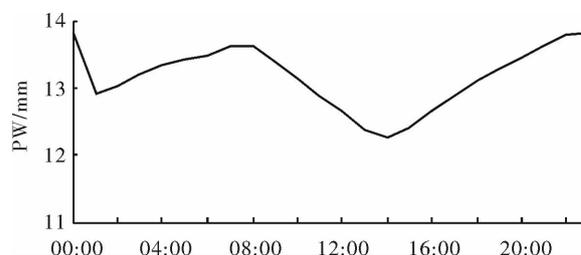


图 1 全年大气水汽含量日变化特征

Fig. 1 Diurnal variation of annual atmospheric water vapor content over Taklimakan Desert

2.2 1 ~ 10 月大气水汽含量日变化特征

从图 2(a)可以看出: 1 ~ 3 月塔克拉玛干沙漠腹地大气水汽含量每天有 2 个最大值出现在 08 时和 23 时前后, 1 月份为 7.89 mm 与 7.00 mm; 2 月份

为8.02 mm与8.07 mm;3月份为9.32 mm与9.88 mm,这3个月份每天最小值出现的时间有所区别,1月份最小值出现在13时,为6.09 mm;2月份最小值出现在12时,为6.91 mm,3月份最小值出现在10时,为7.71 mm。4月份变化较为特殊,其每天有一个最大值出现在01时,为10.45 mm,一个最小值出现在14时,为8.81 mm。从图2(b)可以看出:7~10月塔克拉玛干沙漠腹地大气水汽含量每日都有2个最大值出现在08时和23时前后,最小值均出现在14时前后,7月份最大值为24.60 mm与23.48 mm,最小值为22.70 mm;8月份最大值为20.83 mm与19.18 mm,最小值为17.31 mm;9月份最大值为19.34 mm与19.79 mm,最小值为16.75 mm;10月份最大值为11.49 mm与13.78 mm,最小值为9.36 mm。6月份的变化较为特殊,只有一个最大值出现在15时,为17.28 mm,有一个最小值出现在0时,为15.36 mm,最大值与最小值之间相差1.92 mm,6月份的水汽变化波动较小,几乎呈一条直线。

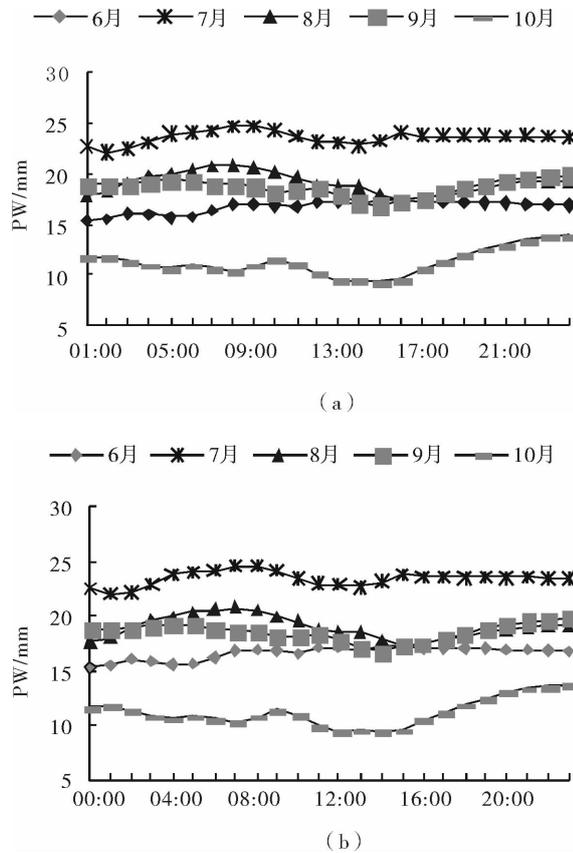


图2 1~4月(a)和6~10月(b)水汽含量日变化特征

Fig. 2 The diurnal variation of water vapor content from January to April(a) and June to October(b)

从图3可以看出:10月份大气水汽含量日变化波动最大,最大值与最小值相差达到4.43 mm,且8、9月日变化幅度仅次于10月,其次是7月份,日变化最大值与最小值相差达到2.55 mm,水汽含量变化最小的月份为2月,日水汽含量最大值与最小值之差仅为1.05 mm,从该数据看出,塔克拉玛干沙漠腹地水汽含量日变化幅度较小,一日水汽变化没有明显变化。

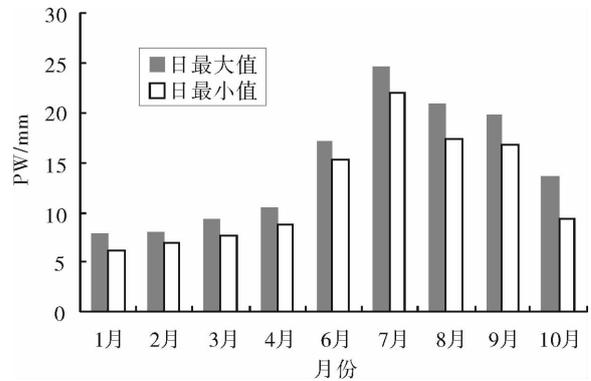


图3 1~10月水汽日变化最大值特征图

Fig. 3 The maximum and minimum histogram feature of the diurnal variation of water vapor content from January to October

3 结论与讨论

(1)李江风等^[18]利用02时,08时,14时和20时探空数据(1970~1979年)对塔克拉玛干沙漠的水汽日变化进行研究,发现水汽最大值出现在08时,最小值出现在午后,特别是20时;而本文中大气水汽含量峰值出现在08时和23时,谷值出现在每日的01时和14时。两者结论大致相同但有一定出入,可能是由于前者所选时间间隔较大,每日只选用了4个时次,且他们所选研究区域均为沙漠周边地区,而本文所选择的研究地点为沙漠腹地,所以出现了一定的差异。

(2)通过数据分析得出塔克拉玛干沙漠腹地全年大气水汽含量的日变化呈现出比较明显的正弦曲线变化,清晨08时与夜晚23时水汽含量最大,01时和14时水汽含量最少,通过比较,沙漠地区大气水汽含量与绿洲是有很大的差别。其特殊的水汽日变化特征与沙漠地区独特的下垫面构造以及气候条件密切相关。

(3)塔克拉玛干沙漠腹地1~10月大气水汽含量最大值基本出现在08时与23时,最小值出现时

间有所不同,其中10月份大气水汽含量日变化波动最大,最大值与最小值相差达到4.43 mm,2月份水汽含量日变化波动最小,最大值与最小值相差达到1.05 mm,从以上分析看出,塔克拉玛干沙漠腹地全年水汽含量日变化幅度较小,没有明显波动。

(4)从塔克拉玛干沙漠腹地全年大气水汽含量来看,冬季1月份大气水汽含量最少,平均值为6.73 mm,2009年大气水汽含量最小值也出现在冬季1月21日13时,为0.95 mm;夏季7月份水汽含量最多,其平均值达到23.50 mm,8月和9月大气水汽含量仅次于7月份,2009年水汽极大值出现在夏季8月6日7时,其值为34.75 mm。水汽的年变化主要取决于蒸发,引起蒸发的关键因素是温度,所以大气水汽含量最高月份出现在夏季,最低月份出现在冬季。同时,引起大气水汽含量多少的另一个因素是它的水汽来源,在干旱的沙漠区域,空中水汽含量并不是极低的,这与其水汽来源可能是有很大关系的。

参考文献:

- [1] 张良,王式功. 中国人工增雨研究进展[J]. 干旱气象,2006,24(4):73-81.
- [2] 韦丽英,赵建吉. GPS测量水汽简介及建站要求[J]. 广西气象,2006,27,(3):73-74.
- [3] Pacione R, Vespe F. GPS Zenith Total Delay Estimation in the Mediterranean Area for Climatological and Meteorological Application [J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2003,20:1034-1042.
- [4] 李国平. 地基GPS遥感的成都地区夏季可降水量的日循环合成分析[J]. 水科学进展,2006,17(2):160-163.
- [5] 李祥余,何清,艾力·买买提明,等. 塔中春季阴天近地层风速、温度和湿度廓线特征分析[J]. 干旱气象,2007,25(2):22-29.
- [6] 叶笃正. 现代气候研究[M]. 北京:气象出版社,1991. 236-261.
- [7] 金莉莉,何清. 塔克拉玛干沙漠腹地沙丘温度特征浅析[J]. 干旱气象,2010,28(2):134-141.
- [8] 李红忠,李生字. 塔克拉玛干沙漠不同矿化度水灌溉造林试验研究[J]. 干旱区地理,2005,28(3):305-401.
- [9] 杨青,魏文寿. 塔克拉玛干沙漠及周边地区大气水汽量的时空变化[J]. 科学通报,2008(53):62-68.
- [10] Verhoef A, Allen S J, Lloyd C R. Seasonal variation of surface energy balance over two Sahelian surface[J]. International Journal of Climatology, 1999(19):1267-1277.
- [11] 史玉光,孙照渤,杨青. 新疆区域面雨量分布特征及其变化规律[J]. 应用气象学报,2008,19(3):326-332.
- [12] 李生字,雷加强. 草方格固沙带对垄间新月形沙丘形态和移动的影响[J]. 干旱区地理,2006,29(5):632-639.
- [13] 何清. 塔中沙漠边界层结构、动力学参数及地一气相互作用观测研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2009. 26.
- [14] 周智彬,徐新文. 塔克拉玛干沙漠腹地植物引种试验[J]. 干旱区地理,2004,21(4):363-369.
- [15] 李生字,雷加强. 塔克拉玛干沙漠腹地阻沙栅栏对垄间新月形沙丘形态的影响[J]. 干旱区地理,2008,31(6):910-918.
- [16] 李生字,王德. 塔克拉玛干沙漠腹地路面沙害的空间分布研究[J]. 干旱区地理,2005,28(1):93-98.
- [17] 梁宏,刘晶森. 拉萨河谷大气水汽日变化特征[J]. 水科学进展,2010,21,(3):335-343.
- [18] 李江风等. 塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候[M]. 北京:科技出版社,2003. 402-403.

Diurnal Variation of Atmospheric Water Vapor Content in 2009 over Taklimakan Desert

CUI Lina^{1,3}, SHI Yuguang², CUI Caixia³, ZHAO Ling⁴, LI Yanyong^{1,3}

(1. College of Geography Science and tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. Xinjiang Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China; 3. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China; 4. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China)

Abstract: By using the GAMIT soft, the water vapor content of atmosphere was retrieved based on the ground-based GPS data from January to October 2009 in Tazhong station. The diurnal variation curve of PW were obtained by analyzing averaged data of each month. The results are as follows: the diurnal variation of the whole year's water vapor content in the hinterland of the Taklimakan Desert was obvious and it presented a sine curve. The maximum appears at 08:00 and 23:00 with the values of 13.63 mm and 13.85 mm. The minimum appears at 01:00 and 14:00, 12.91 and 12.28 mm, respectively. Atmospheric water vapor content is the least in January with the average value of 7.09 mm, and the minimum value was 0.95 mm at 13:00 on January 21 in winter of 2009. And it is the most in July with the value of 20.01 mm, the maximum value is 34.75 mm at 07:00 on August 6 in summer of 2009. The maximum diurnal variation range of water vapor content is in October, and there is not significant fluctuations in February.

Key words: Taklimakan Desert; atmospheric water vapor content