

地基 GPS 遥感观测北京地区水汽变化特征^{* 1}

柳 典¹⁾²⁾ 刘晓阳¹⁾

¹⁾(北京大学物理学院大气科学系, 北京 100871)

²⁾(中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081)

摘 要

利用 2004—2007 年 SA34(北京大学)站的 GPS 观测数据,运用 GAMIT 软件解算反演了间隔 30 min 的连续变化大气水汽总量(PW)。与北京南郊观测场得到的探空结果作比较,均方根误差(RMSE)在 2~3 mm 之间。通过对大气水汽作月平均,得到每月的大气水汽总量日变化曲线,并初步分析了夏季水汽日变化与地面比湿、降水、地面气温以及地面风矢量的关系。结果表明:北京地区夏季 7 月大气水汽总量最小值出现在 08:00(北京时)左右,8 月大气水汽总量最小值出现在 08:00 到 12:00 左右(各年表现出一定的差异),夏季大气水汽总量的最大值出现在 01:00 到 03:00;7 月和 8 月的日变化在夜间变化趋势有所不同;大气水汽总量最大值出现时刻与地面小时降水有一定相关性,且大气水汽总量的日变化明显受风矢量日变化的影响。通过对大气水汽总量的时间序列进行小波分析,得到 1 年大部分时间里,水汽变化存在大约 12 d 的周期。采用前期的大气水汽总量平均值和短时大气水汽总量增量两个条件进行降水的判断,认为夏季降水的出现时刻与差值的高值区有比较好的对应。

关键词: 地基 GPS; 大气水汽总量; 风矢量; 降水判断

引 言

水汽在大气中所占的比例很小,仅为 0.1%~3%,却是大气中最不均匀、最富于变化的成分,在天气演变和气候变化中扮演一个极为重要的角色^[1]。然而由于水汽在时空分布上具有高度可变性,传统水汽探测手段很难得到高时空分辨率的水汽资料。近年来,GPS 技术的发展,人们可以得到在各种天气条件下精度为 1.5 mm 的每 30 min 的大气水汽总量^[2],它提供了一种测量大气水汽总量连续变化的有效方法,可用于研究大气中水汽的日变化特征。GPS 遥感得到的区域性高时空分辨率的水汽资料对中尺度天气预报,诸如城市环境预报、暴雨、冰雹及其他洪涝灾害预报都至关重要^[3-6]。

Takagi 等^[7]分析了季风前和季风期间拉萨地区 GPS 得到的大气水汽总量日变化特征,在季风前期和季风期间都存在明显的最小值,出现时刻分别为 18:00 和 15:00。Fujita 等^[8]分析了印度尼西亚地区大气水汽总量的日变化,将一年分成干季、湿季进行分析,通过谱分析得到在干季大气水汽总量存在明显的 10~15 d 的循环,并对比分析了大气水汽

总量月平均日变化和低层风速的相关关系。Iwasaki 等^[9]和 Ohtani 等^[10]也进行了风矢量与大气水汽总量的相关研究。国内,李国平等^[11]分析了成都地区夏季大气中水汽日变化,给出了成都地区大气水汽总量日循环的最大值、最小值出现时刻分别为 08:00 和 17:00 左右。吴建军等^[12]分析了北京地区各季节水汽的周期变化特征。关于降水阈值的判定,曹云昌等^[13]采用 2 h GPS 大气水汽增量 5 mm 作为阈值,认为在山区台站是否发生降水和 2 h GPS 遥感的大气水汽增量关系密切,且大多数降水出现在 GPS 遥感大气水汽总量迅速增加之后 4 h 内。但上述分析时间序列相对较短,不能反映长期的平均状况。本文通过对 2004—2007 年的 GPS 观测数据进行分析得到更有代表性的大气水汽总量日变化特征和周期变化。

1 原理和资料

Bevis 等^[14]提出了采用 GPS 技术探测大气水汽含量的原理,时间分辨率优于 30 min。在国内毛节

* 国家自然科学基金项目(40675003)和云南省省院省校科技合作项目(2006YX39)共同资助。

2008-06-20 收到,2009-02-04 收到再改稿。

泰^[15]对此作过详细的讨论。由于大气折射作用, GPS 卫星信号在经过大气层时会产生延迟(传播时间的增加)。而大气延迟量可划分为电离层延迟、静力延迟和湿延迟。采用双频技术,可以将电离层延迟订正到毫米量级。静力延迟与地面气压具有很好的相关,也可以订正到毫米量级,这样就得到了毫米量级的湿延迟。湿延迟与水汽量可建立严格的正比关系,可通过比例常数 Π 转换为大气水汽含量,比例常数 Π 与大气加权平均温度 T_m 有关,值大约为 0.15。即对垂直大气路径而言,1 cm 的积分水汽量可以产生约 6.5 cm 的湿延迟。大气加权平均温度 T_m 的具体数值可以用温度廓线来测定或由地表温度近似估算。

本文采用 SA34 观测站以及国内外部分 GPS 跟踪站的数据,结合同步的地面气压、温度等气象资料运用 GAMIT 软件解算了 2004—2007 年的大气水

汽总量。探空资料采用北京南郊大气观测场每天两次的探空数据。北京南郊大气观测场与 SA34 站相隔 25 km 左右,高程差 20 m 左右,所以地面的气象资料也会有差别,在进行对比计算时未考虑距离和高程对于结果可能造成的影响。地面的比湿,温度、降水量以及风场计算,采用 SA34 站的自动气象站(AWS)数据。

2 结果分析

2.1 与探空资料的对比

图 1 给出了 2004、2005 年 GPS 与无线电探空分别得到大气水汽总量的对比结果。2004 年(图 1a)两者的相关系数为 0.97,平均偏差为 0.2 mm,均方根误差为 2.2 mm;2005 年(图 1b)均方根误差为 2.58 mm;2006 年(图略)均方根误差为 2.82 mm。总体来说,3 年的计算结果偏差都在 3 mm 以内。

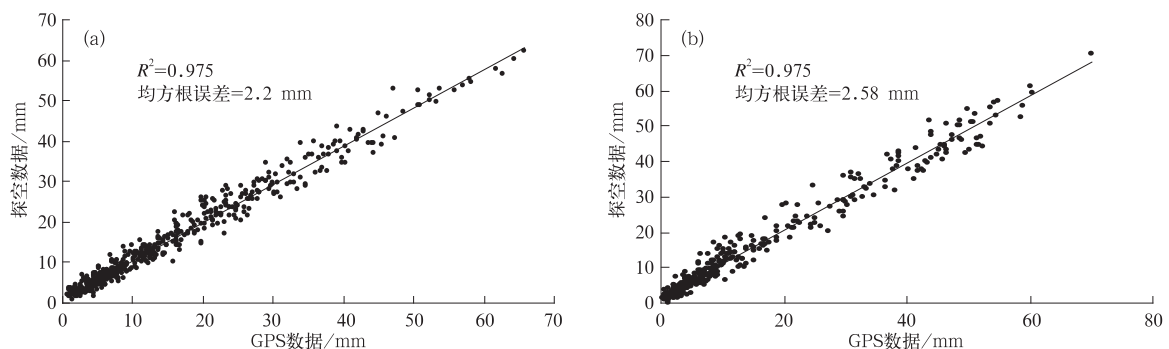


图 1 2004 年(a)和 2005 年(b)GPS 与探空大气水汽总量对比散点图

Fig. 1 Scatterplots of PW derived from GPS and radiosondes for 2004(a) and 2005(b)

2.2 北京地区夏季大气水汽总量日变化特征

为全面分析北京地区夏季水汽的日变化特征,分别计算了 2004—2007 年北京地区夏季 7、8 月的大气水汽总量,并取 4 年的平均,结果如图 2 所示。由图 2 可以看出,7、8 月水汽的极值出现时刻并不完全相同;7 月的最小值出现在 08:00 左右,03:00 左右出现最大值,18:00 左右出现次大值。8 月的最小值出现时刻同 7 月比较接近,出现在 08:00—12:00 之间;但最大值出现时刻表现出一定的差异,在 01:00 左右出现最大值。7 月和 8 月白天大气水汽总量整体变化趋势大致相同,夜间变化趋势上表现出一定的差异:7 月大气水汽总量在傍晚达到次大值后,有一次明显的下降后回升的过程,在 03:00 左右达到最大值;8 月在 18:00 左右相对高值之后的下降过程并不是很明显,而后水汽开始上升,在

01:00 达到最大值。水汽的日变化振幅 7 月相对大一些,日变化振幅在 3 mm 左右。

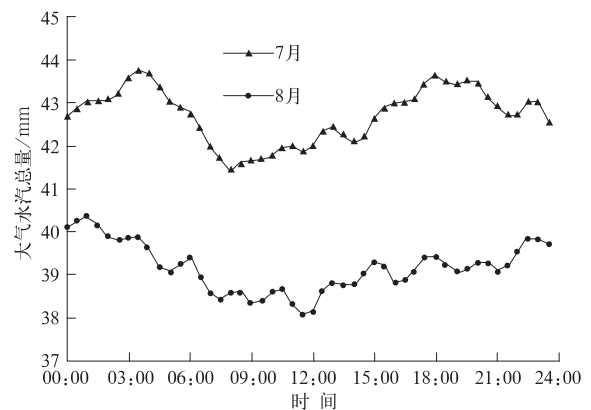


图 2 2004—2007 年 7、8 月北京地区平均大气水汽总量日变化

Fig. 2 Mean diurnal variation of PW in July and August from 2004 to 2007 in Beijing

2.3 北京地区夏季大气水汽总量日变化与各气象要素的相关分析

图3为北京地区2006年7,8月的大气水汽总量、地面小时降水量、地面比湿和地面气温的日变化对比图。从06:00开始气温上升,但大气水汽总量并未随之上升,是因为局地环流引起的水汽输送所造成的大气水汽总量的下降抵消了由于蒸发而引起的大气水汽总量的上升^[16]。08:00过后,由于受到太阳照射的影响,地面水汽蒸发,对流活动加强,使得水汽向上扩散,整层水汽含量增大。18:00以后,随着气温的下降,局地对流活动变弱,水汽凝结,地面湿度增加。降水的峰值和大气水汽总量的高值区

有一定的对应关系,在7月凌晨和傍晚时分的降水都对应着当时的大气水汽总量高值区。8月大气水汽总量的夜间高值相对于7月有所提前,对应的夜间降水量的峰值出现时间相比7月也要早一些。2004,2005年的对比图也呈现出类似的变化特征(图略)。

图4为北京2006年7,8月大气水汽总量和风矢量的日变化对比图。北京的低层大气流动符合典型的山地-平原地形中尺度环流演变特征:夜间风速较小,主要为偏北下坡风;白天风速较大,主要为偏南上坡风^[17]。从图4中可以看出在12:00以后风向发生转变,对应的大气水汽总量值表现为在午后

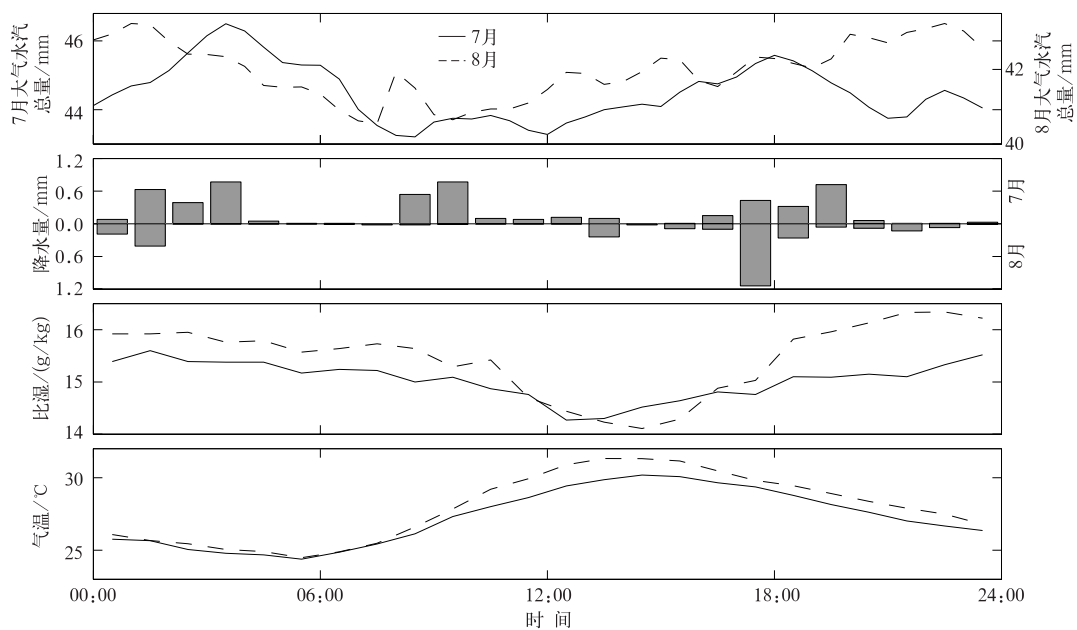


图3 北京2006年7,8月的大气水汽总量、小时降水量、地面比湿和地面气温日变化对比图

Fig. 3 Diurnal variations of PW, hourly precipitation, surface specific humidity and surface temperature in July and August 2006 of Beijing

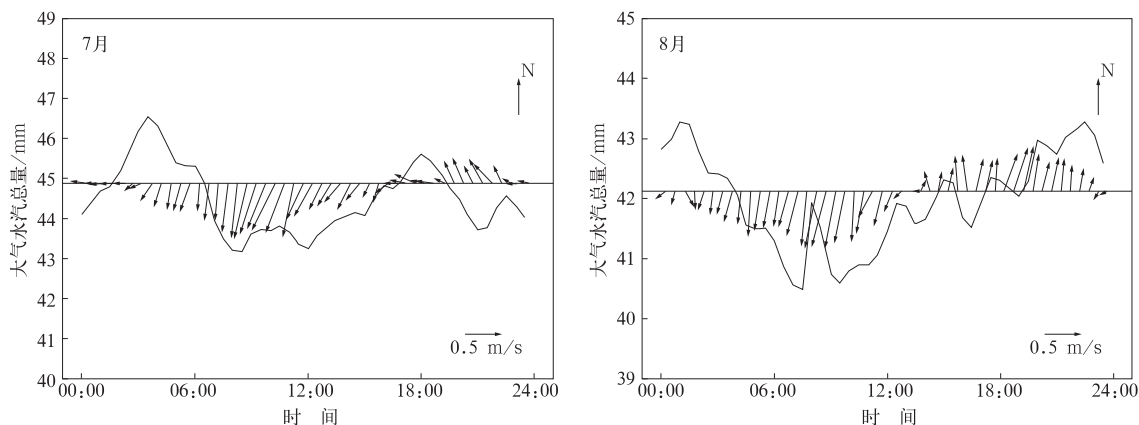


图4 北京地区2006年7,8月大气水汽总量和风矢量的日变化对比

Fig. 4 Diurnal variation of PW and wind vector in July and August 2006 of Beijing

的不断抬升,并在晚间某一时刻达到最大值。风向由 12:00 以前的偏北风转变为午后的偏南风,整体上大气水汽总量在下午维持在一个比较高值,平均高于上午的大气水汽总量值。12:00 左右的静风时段,风力较小,水汽输送影响相对很小,静风时段对大气水汽总量的影响向后延迟,体现在稍后时刻的水汽上升上,这段时间大气水汽总量的上升主要是由于局地热力抬升。午后风向转变为南风,此时的地面比湿达到最小值,由地表带来的水汽向上输送开始减弱,对应大气水汽总量并未出现减弱趋势,可以认为由于午后风向的转变而引起南面的水汽输送在这一时段的大气水汽总量上升中起重要作用。2004,2005 年风矢量与大气水汽总量的对比也呈现出类似的变化特征(图略)。

2.4 北京地区大气水汽总量周期特征

为了分析北京地区大气中水汽变化的周期特征,对 2004,2007 年的数据进行了 Morlet 小波变换分析,分析结果见图 5、图 6。图中采用的数据,2004 年为年积日(DOY,从当年 1 月 1 日开始的天数)第 43 天—第 365 天;2007 年为年积日第 76 天—第 222 天和第 225 天—第 365 天,因为中间有几天数据缺失,所以分成两段进行周期分析。

图 5a 是 2004 年大气水汽总量的 Morlet 小波功

率谱。图中数值大于或等于 1.0 的等值线(粗黑线)所包围的范围都通过了显著性 $\alpha=0.05$ 水平下的红噪声标准谱的检验;曲线范围以内高值区域是影响锥,在该曲线以外的功率谱由于受到边界效应的影响而不予考虑。从图 5a 中可以清楚地看到,在大部分时段里存在明显的 8~16 d 的周期变化;在夏季,4 d 以上时间尺度的周期特征都比较明显;在年积日第 250 天—第 310 天有 6 d 左右的周期信号。

2007 年的周期特征如图 6a 所示,大体上呈现出与 2004 年类似的周期特征,只是出现强周期信号的时间向后有所推移,在 2004 年为年积日 110 d 左右,2007 年年积日 130 d 左右。16~32 d 尺度上的强周期信号的持续时间,在 2004 年为年积日第 150 天—第 250 天,2007 年为年积日第 180 天—第 310 天。

图 5b 为 Morlet 小波的全局小波功率谱曲线,虚线为显著性 $\alpha=0.05$ 水平下的红噪声标准谱线。从图 5b 中可以看出图中几个明显的峰值都通过了 0.05 的显著性检验,说明大气中的水汽变化有比较好的周期性。图 5b 中 12 d 周期的谱值最为突出,这与大气中的准双周(10~20 d)振荡^[18]性质相符合;6 d 左右的时间尺度上也有一个相对较弱的周期,这个水汽的跳跃周期与北京夏季天气系统的活动周期是吻合的,同时也与何金海等^[19]得到的在夏

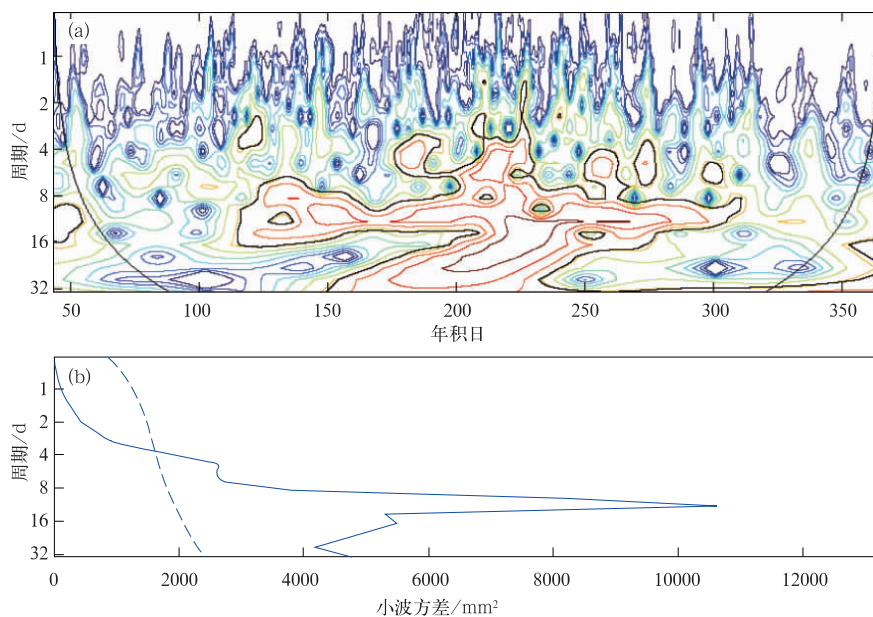


图 5 2004 年北京地区大气水汽总量 Morlet 小波分析

(a) Morlet 小波功率谱,(b) 全局小波功率谱

Fig. 5 The Morlet wavelet analysis of PW for 2004 in Beijing

(a) Morlet wavelet power spectrum,(b) global wavelet spectrum

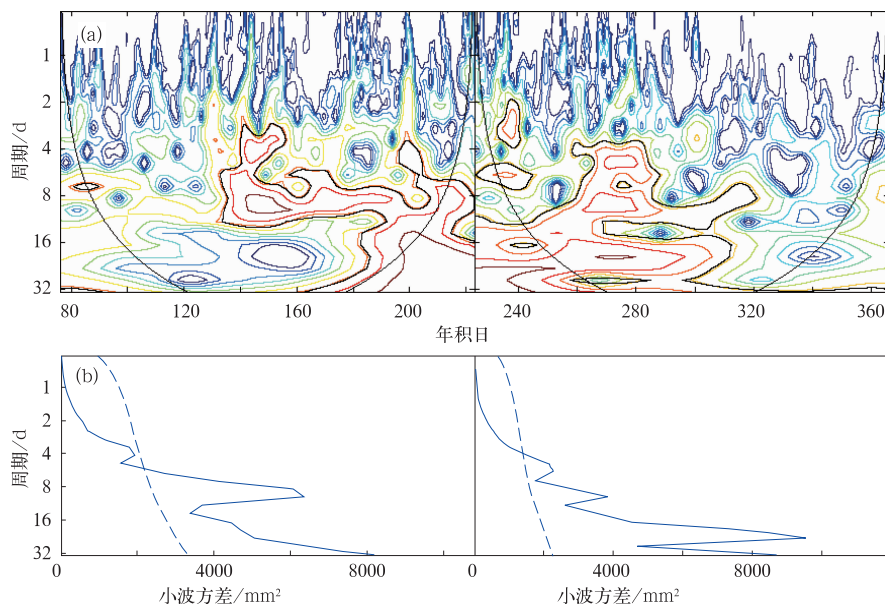


图 6 2007 年北京地区大气水汽总量 Morlet 小波分析

(a) Morlet 小波功率谱, (b) 全局小波功率谱

Fig. 6 The Morlet wavelet analysis of PW for 2007 in Beijing

(a) Morlet wavelet power spectrum, (b) global wavelet spectrum

季我国东部大陆经向水汽输送的 5 d 周期是一致的。图 6b 为 2007 年两个处理时段全局小波功率谱曲线,因时间序列同 2004 年并不完全对应,所以曲线特征与 2004 年相比呈现出一定的差异,但图形的峰值特征与图 5b 大致相同。

2.5 北京地区大气水汽总量年变化

北京地区 2004—2007 年各月大气水汽总量平均值见图 7,大气水汽总量 4 年平均值为 17.2 mm。从图 7 可以看出,水汽存在明显的年变化,且大气水汽总量的极大值一般出现在 7 月底 8 月初。各年月平均大气水汽总量的最大值也存在着年际变化,2005 年最高,为 45.14 mm;2004 年最低,为

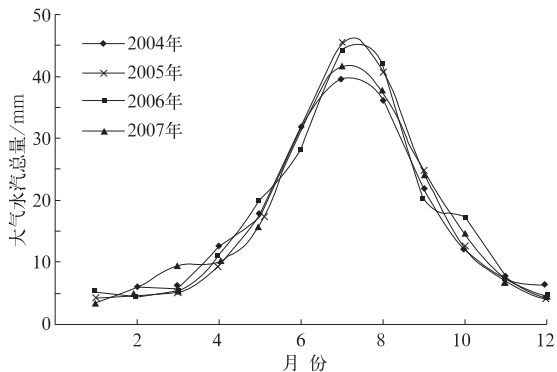


图 7 北京地区 2004—2007 年月平均大气水汽总量

Fig. 7 Monthly mean PW from 2004 to 2007 in Beijing

39.6 mm。大气水汽总量在一年内的最小值出现在冬季,冬季的各月平均大气水汽总量在 5 mm 左右,2007 年 1 月的大气水汽总量平均值最小,为 3.75 mm。4 年数据中大气水汽总量极大值可达到 73.6 mm,出现在 2005 年 8 月 12 日;大气水汽总量的极小值可以达到 0.5 mm 以下,已经低于 GPS 测量水汽的精度。

2.6 北京地区大气水汽总量变化与降水关系

在研究分析大气水汽总量与降水的关系时,应综合考虑天气系统、前期的水汽平均水平、短时的增量和峰值的大小等条件^[20]。本文采用前期的大气水汽总量平均值和短时水汽增量两个条件进行降水的判断:①从当前时刻向前滑动 12 d,取过去 12 d 的大气水汽总量平均值作为阈值(12 d 是由前面周期分析得到的夏季大气水汽总量主周期),此平均值表征的是前一段时间大气水汽总量的平均状况,将当前时刻的大气水汽总量与这一阈值作差,作为判断有无降水的条件之一;②取过去 16 h 中的大气水汽总量最小值(16 h 是考虑到北京地区夏季一次降水过程持续时间一般不超过 16 h),将当前时刻的大气水汽总量与之作差,以差值是否大于 5 mm 作为另一判断有无降水的条件。当这两个条件同时满足时,判断有降水发生。

图 8 给出了北京地区 2004 年 7 月大气水汽总

量变化与地面降水的对应关系。由图 8 可以看出,降水的出现时刻与差值的高值区有比较好的对应,通常在有降水发生时,大气水汽总量维持在一个相对高值而且短时大气水汽总量有急剧的上升。用两种条件进行判定可以剔除只有大气水汽总量维持在高值或只有短时增量明显时对于降水的误判,如在年积日第 188 天、第 196 天和第 212 天的某些时段短时增量都非常明显,但因大气水汽总量相对较低,实际上并没有降水出现;在年积日第 194 天和第

198 天的某些时段大气水汽总量差值处在零值以上但短时增量小于 5 mm,也无降水产生。分析数据表明:绝大多数降水都发生在两个条件同时满足的情况下,而且强度比较大的降水一般对应着差值的峰值出现时刻,但并不是每次有降水发生时就一定有对应大于阈值的较大峰值出现。弱的局地性降水发生时,即使大气水汽总量处在一个相对的低值上,也可能产生一次小的降水过程,如年积日第 183 天下午出现的降水过程。

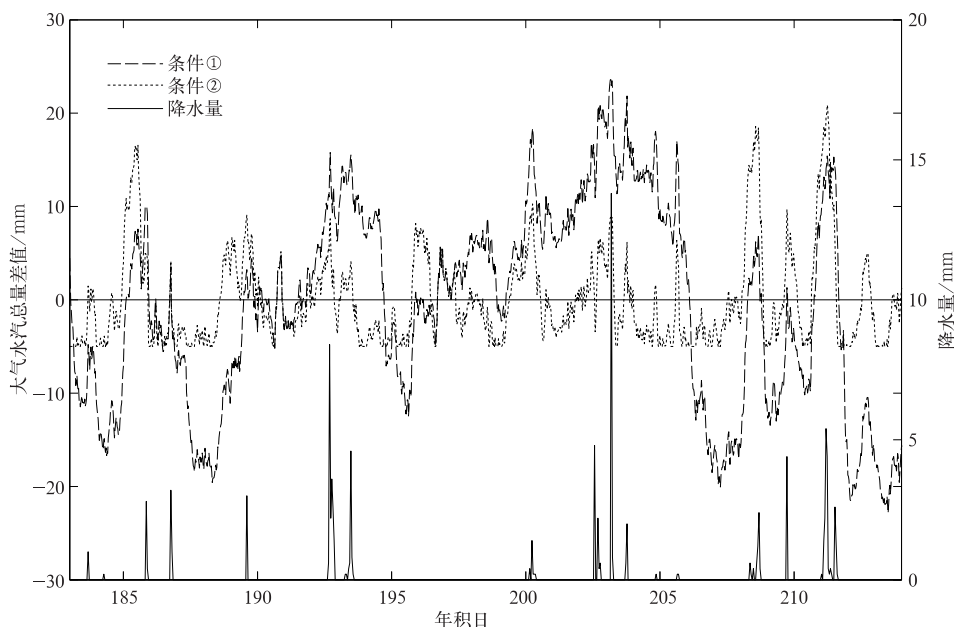


图 8 2004 年 7 月北京地区大气水汽总量变化与小时降水量的对应曲线

Fig. 8 Graph of PW variation and hourly precipitation for July 2004 in Beijing

3 结 论

本文利用北京地区 2004—2007 年 7、8 月的 GPS 观测数据,结合地面气象资料,得到了每 30 min 一次的大气水汽总量值。并同探空求得的大气水汽总量作比较,得到 2~3 mm 的解算精度,能够满足数值天气预报和气候研究的要求。

统计表明,北京地区 2004—2007 年大气水汽总量的 4 年平均值为 17.2 mm,同时存在着明显的年变化,大气水汽总量的极大值一般出现在 7 月底 8 月初。各年月平均水汽的最大值也存在着年际变化,2005 年最高为 45.14 mm;2004 年最低为 39.6 mm。水汽在一年内的最小值出现在冬季,冬季各月平均水汽在 5 mm 左右。4 年中水汽的极大

值可达到 73.6 mm;极小值可达到 0.5 mm 以下,已经低于 GPS 测量水汽的精度。

通过对月平均大气水汽总量进行分析,得到了北京地区夏季大气水汽总量的日变化特征:北京地区夏季大气水汽总量的最小值出现在 08:00 左右;傍晚的最大值出现在 18:00 左右,夜间最大值的出现时间相差较大,7 月出现在 03:00 以后,而 8 月出现时间明显偏早,在 01:00 左右。大气水汽总量的峰值出现时刻同降水有一定的对应关系,降水出现的峰值时段一般处在大气水汽总量值比较高的时段。由午后风向转变而引起的南面的水汽输送对于下午大气水汽总量维持在高值区及晚间水汽的升起了一定作用。水汽的全年变化存在 12 d 左右的周期变化。

文中采用前期的大气水汽总量平均值和短时大

气水汽总量增量两个条件进行了降水的判断,认为夏季降水的出现时刻与差值的高值区有比较好的对应,用两种条件进行判定可以剔除只有大气水汽总量维持在高值或只有大气水汽总量短时增量明显时对于降水的误判。

GPS 水汽遥感为得到高时空分辨率、高精度的水汽数据资料提供了一种有效的监测手段,可以得到更为精细的水汽变化。对不同天气以及地形条件下大气水汽总量日变化特征以及水汽输送对大气水汽总量日变化的影响等问题有必要展开进一步研究。

致 谢: 感谢美国麻省理工学院(MIT)授权使用 GAMIT/GLOBK 软件,并感谢美国 ITT Visual Information Solutions 公司 Torrence C 和美国国家海洋大气局与科罗拉多大学联合气候诊断中心 Compo G 提供小波分析程序。

参 考 文 献

- [1] 毕研盟,毛节泰,杨光林,等. 地基 GPS 遥感观测安徽地区水汽特征. 气象科技, 2004, 32(4):225-228.
- [2] Tregoning P, Boers R, O'Brien D, et al. Accuracy of absolute precipitable water vapor estimates from GPS observations. *J Geophys Res*, 1998, 103:28701-28710.
- [3] 谢璞,张朝林,王迎春,等. 北京地区单双频地基 GPS 大气水汽遥测试验与研究. 应用气象学报, 2006, 17(增刊):28-34.
- [4] 李成才,毛节泰. GPS 地基遥感大气水汽总量分析. 应用气象学报, 1998, 10(4):470-477.
- [5] 李成才,毛节泰. 全球定位系统遥感水汽总量. 科学通报, 1999, 44(3): 333-336.
- [6] 何平,徐宝祥,周秀骥,等. 地基 GPS 反演大气水汽的初步试验. 应用气象学报, 2002, 13(2):179-183.
- [7] Takagi T, Kimura F, Kono S. Diurnal variation of GPS precipitable water at Lhasa in premonsoon and monsoon periods. *J Meteor Soc Japan*, 2000, 78: 175-180.
- [8] Fujita M, Kimura F, Satomura M, et al. Diurnal Variation of PWV in Thailand and Indonesia. International Workshop on GPS Meteorology, 2003: 3-29.
- [9] Iwasaki H, Miki T. Observational study on the diurnal variation in precipitable water associated with the thermally induced local circulation over the "semi-basin" around Maebashi using GPS Data. *J Meteor Soc Japan*, 2001, 79(5): 1077-1091.
- [10] Ohtani Ryu. Detection of water vapor variations driven by thermally induced local circulations using the Japanese continuous GPS array. *GRL*, 2001, 28(1): 151-154.
- [11] 李国平,黄丁发,刘碧全. 地基 GPS 遥感的成都地区夏季可降水量的日循环合成分析. 水科学进展, 2006, 17(2):160-163.
- [12] 吴建军,王鑫,吕达仁,等. 北京可降水量变化特征的地基 GPS 观测与分析. 南京气象学院学报, 2007, 30(3):377-382.
- [13] 曹云昌,方宗义,夏青. GPS 遥感的大气可降水量与局地降水关系的初步分析. 应用气象学报, 2005, 16(1):54-59.
- [14] Bevis M, Businger S, Herring T A, et al. GPS meteorology: Remote sensing of atmospheric water vapor using the global positioning system. *J Geophys Res*, 1992, 97:15787-15801.
- [15] 毛节泰. GPS 的气象应用. 气象科技, 1993, 36(4):45-49.
- [16] WU P, Kimura F, Sasaki T, et al. Diurnal Variation of GPS-derived Precipitable Water over the Tibetan Plateau During Summer. International Workshop on GPS Meteorology, 2003: 3-28.
- [17] 蔡旭辉,郭昱,刘辉志,等. 北京地区低层大气流动模态研究. 北京大学学报(自然科学版), 2002, 38(3):387-392.
- [18] 武培立,李崇银. 大气中的 10—20 天准周期振荡//大气科学编辑部. 大气科学文集. 北京: 科学出版社, 1990:149-159.
- [19] 何金海,于新文. 1979 年夏季我国东部各纬带水汽输送周期振荡的初步分析. 热带气象, 1986, 2(1):9-16.
- [20] 梁丰,李成才,王迎春,等. 应用区域地基全球定位系统观测分析北京地区大气总水汽量. 大气科学, 2003, 27(2): 236-244.

Variation Features of Atmospheric Precipitable Water Vapor Derived from Groud-based GPS in Beijing

Liu Dian¹⁾²⁾ Liu Xiaoyang¹⁾

¹⁾ (Department of Atmospheric Science, School of Physics, Peking University, Beijing 100871)

²⁾ (Public Weather Service Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract

Diurnal variations in atmospheric water vapor are studied by analyzing 30-min averaged data of atmospheric precipitable water (PW) for 2004—2007 derived from Global Positioning System (GPS) observa-

tions at Peking university station (SA34). Comparing PW derived from GPS with that observed by radio-sonde, the result shows that the root mean square error (RMSE) is less than 3 mm. On monthly mean, the curve of diurnal variations of PW is acquired, and composite diurnal variation of GPS PW, specific humidity, precipitation, temperature and wind vector are analyzed. The PW show a clear diurnal cycle with amplitude of about 3 mm in summer. A typical feature of the diurnal in Beijing is that the minimum value appears in the morning, and the maximum value appears in the midnight. There is some relations between the time of the maximum of PW and precipitation. The result of the wavelet analysis indicates that there is a 12-day cycle in most of the year. Precipitation occurs when the following two conditions are met: The instant PW is larger than the average PW of the past 12 days, and the other is the increment of PW in the last 16 hours is larger than the threshold. In summer, the most precipitation appears when the values of the minus value are high. Taking the above two conditions as the judging conditions, it could be prevented that the miscarriage of justice to precipitation when either the PW is high or the increment of the PW in 16-hour is larger than the threshold.

Key words: ground-based GPS; precipitable water vapor; wind vector; the judgement of precipitation

~~~~~

## 《应用气象学报》征稿简则

《应用气象学报》(双月刊)是大气科学理论与应用研究的综合性学术期刊,主要刊登反映新理论与新技术在大气科学中的应用,以及大气科学理论与实践相结合,应用于各个有关领域的研究论文、业务系统和研究简报;国内外大气科学与应用气象科学发展中的新动态与新问题的探讨与评论;国内外重要学术会议或研究、业务活动的报道;气象书刊评介。

来稿要求和注意事项:

1. 论点明确、文字精炼。摘要请按文摘四要素(目的、方法、结果、结论)撰写,列出 3~8 个关键词,作者姓名请附汉语拼音,所在单位请附中英文全名、地名、邮编。要求中文摘要为 200~400 字,英文摘要为 500 个单词左右(并请附对应的中文译文)。
2. 稿件请在 A4 幅面的纸上用 5 号字单面打印两份(1.5 倍行距),寄交最后审定稿时,稿件连同电子版一并交编辑部。
3. 插图请插入文中,要求准确、清晰、美观。图中坐标、单位请勿遗漏,中英文图题及说明写在插图下面。表格请采用三线表形式,并列出中英文表题,文字须端正和清晰。
4. 稿件中的数字及符号必须清楚无误,易混淆的外文字母、符号,用铅笔标注文种,大、小写,正、斜体,黑、白体,公式中的上、下标。
5. 参考文献请择主要的列入,并按文中引用顺序标号。期刊书写格式:作者. 文章题目. 刊名, 年, 卷(期): 起止页;专著书写格式:作者. 书名. 译编者. 出版地: 出版社, 出版年: 起止页。
6. 计量单位请按《中华人民共和国法定计量单位》列出,已废止的单位请换算成法定计算单位。
7. 科技术语和名词请使用全国自然科学名词审定委员会公布的名词。外国人名和地名,除常用者外请注原文。
8. 来稿时请附全体作者签名的《承诺书》(链接地址 <http://cadata.cams.cma.gov.cn/yyqx/yyqx.jsp>)。稿件自收到之日起,将在 6 个月内决定刊用与否,来稿一经刊登,酌情收取版面费,并酌付稿酬,请自留底稿,不登者恕不退还。
9. 本刊已加入“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据——数字化期刊群”和“中文科技期刊数据库”。本刊所付稿酬包含光盘稿酬和刊物内容上网服务报酬。凡向本刊投稿的作者(除事先声明外),本刊视为同意将其稿件纳入此两种版本进行交流。

欢迎来稿。来稿请寄:北京中国气象科学研究院《应用气象学报》编辑部,邮政编码:100081。电话:(010)68407086, 68408638;E-mail 地址:yyqx@cams.cma.gov.cn, yyqx@163.com。