

用 GPS 资料分析华南暴雨的水汽特征^①

杨红梅 何 平 徐宝祥

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

对 1998 年华南暴雨试验期间获取的半小时时间间隔的 GPS 资料进行了分析,揭示华南前汛期局地大气气柱水汽总量增减变化特征及增湿方式,并证明气柱的水汽总量的增减有明显的 discontinuity。这种不连续性与大气环流的变化及华南暴雨的突发有很密切的关系。

关键词: 气柱水汽含量 暴雨 GPS

1 资料样本

在 1998 年华南暴雨试验期间,在广东省汕头和阳江气象观测场分别采用载波相位测量定位法,用 GPS 双频接收机在地面固定点收集卫星信号数据,时间间隔半小时。汕头 GPS 资料自 5 月 5 日 08 时开始,至 6 月 26 日 08 时结束,共获取 2497 次资料样本。阳江资料自 5 月 5 日 21 时开始,结束时间与汕头相同,6 月因故有少量中断,试验期共获取 2231 个资料样本。在整个试验期间,两站共获取资料样本 4728 次。本文用杨红梅等^[1]阐述的经验系数 0.156 代入公式,分别计算两测站局地气柱各时刻的水汽总量,并对其进行了分析。

2 GPS 观测资料的分析

众所周知,大气中的水汽总是在不停地变化的。关于水汽分布特征,雷雨顺^[2]指出,我国平均水汽含量南方大、西北方小,愈深入内陆水汽含量愈小。它除了受季节、地理环境影响外,还受大尺度环流的影响,也受中尺度天气系统、局地环境特征的影响,这导致大气中的水汽总量的间断性剧变,也导致局地天气的变化。在试验期间,两测站气柱的水汽总量如何变化? 气柱的水汽总量有无日变

化特征? 与季风强弱关系如何? 与单站降水量的关系如何? 这些都是我们气象工作者关注的问题。

2.1 气柱水汽总量的分布特征

近年来,华南前汛期暴雨的分析^[3~7]表明,华南 5~6 月间暴雨的发生和西南季风的加强有密切关系。在华南前汛期,华南地区正受西南季风的影响,西南季风给华南地区输送了大量的水汽,这为华南前汛期提供必不可少的水汽条件。

按许孟英^[8]的研究结果,参照华南地区降水情况,本文根据气柱的水汽总量值把局地大气分为干燥型、中等型、湿型和高湿型四类。干燥型是指气柱的水汽总量值在 49.9mm 以下,这种类型无降水;中等型是指气柱的水汽总量值在 50.0~54.9mm;湿型是指气柱的水汽总量值在 55~64.5mm 之间,此类型有降雨的可能性较大,通常与雨日相联系;高湿型是指气柱的水汽总量值在 65mm 以上。暴雨、大暴雨等灾害性天气过程都是发生在高湿型大气中的。

在整个试验期间两测站共获取的 4728 次 GPS 资料,用其反演的气柱水汽总量值分布如表 1 所示。5 月份干燥型大气出现的次

① 本项目得到国家攀登项目专项(85-专-03)和国家重点基础理论研究发展项目(G19980409*09)资助。

数,汕头和阳江分别为198和255次,而6月份两站出现的次数都在10次以下;表1中还反映了两站气柱水汽分布特征是5月湿型大气居多,6月则以高湿大气为主,两站共出现11次大于80mm值都在6月。

从对应天气来看,试验期日降水量(20~

20时)大于50mm的天数,阳江5月出现5次,6月出现2次,而汕头5月出现1次,6月出现1次。从雨日的分布来看,阳江5月出现15个,6月出现17个,而汕头5月出现14个,6月出现19个,可见试验期间两站的雨日的分布是相近的。

表1 试验期由GPS资料反演的气柱水汽总量值次数分布

测站	月份	<50mm	50~54.9mm	55~64.9mm	65~79.9mm	>80mm	合计
汕头	5	198	138	727	218		1281
	6	6	52	436	719	3	1216
阳江	5	255	171	390	439		1255
	6	4	8	288	668	8	976

在试验期间,阳江气柱水汽总量最高值出现在6月24日01时,其值为81.0mm,最低值出现在5月27日8时30分,其值为36.6mm。汕头气柱水汽总量最高值出现在6月24日14时30分,其值为82.6mm,最低值出现在5月16日02时,其值为41.8mm。两测站试验期测得的极值不同步。根据试验期间每日48次GPS资料计算结果,算出气柱水汽总量日平均,再算出试验期的每月的日平均。结果表明:汕头5月气柱水汽总量日均值58.1mm,6月66.4mm;阳江5月气柱水汽总量日均值59.4mm,6月67.1mm。两测站共同特征是6月气柱水汽总量值都高于5月份,6月两地均受高湿大气控制。把两测站的结果进行比较,发现阳江各月都高于汕头。

2.2 气柱水汽总量具有不连续性

图1给出了汕头、阳江1998年5、6月华南暴雨试验期间每日48次GPS资料计算的气柱水汽总量日平均值分布曲线。汕头5月日平均值小于50mm的出现3次,分别为5月7日、8日和16日;日平均值小于55mm的有7次,分别为5月5日、6日、7日、8日、9日、16日和28日,6月小于55mm日仅出现1次(6月6日);阳江5月日平均值小于50mm的出现6次,分别为5月5日、6日、7日、8日、26日和27日;日平均值小于55mm的有10次,分别为5月5日、6日、7日、8日、9日、10日、15日、25日、26日和27日;6

月份日平均值小于55mm的仅出现1次(6月26日)。可见试验期前期两站的平均值是相对低的。这可能与西南季风的强度、印度季风的有直接的关系。在5、6月期间,华南地区受西南季风和印度季风控制,气柱水汽总量并不是恒定的,它的日平均值的分布呈波状变化,显示为阶段性,似乎没有明显的固定变化周期。图1中另一特征是阳江、汕头水汽总量峰谷值不完全同步,这不仅反映试验期间广东省东西部两地大气柱的水汽总量,也间接地反映了两地受不同的天气系统影响。

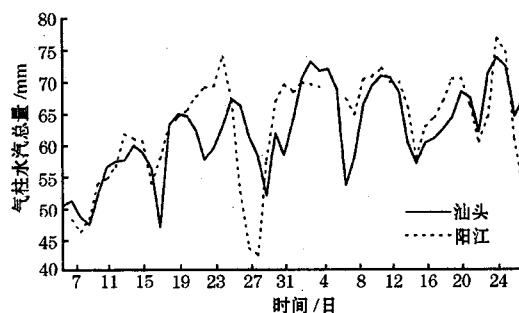


图1 汕头、阳江试验期日平均气柱水汽总量分布

2.3 气柱水汽总量激增与缓增

在试验期间的GPS资料样本中,与降水过程关系密切的另一重要特征是气柱水汽总量的激增与缓增。

图2显示了阳江5月16日气柱水汽总量曲线,7:30至8:30气柱水汽总量值由45.8mm升至56.3mm,即1小时增加10.5mm;22:30气柱水汽总量值已增到

72.7mm。在短短的 15 小时内,局地大气由干燥型迅速演变为高湿型,增加 26.9mm。在水汽激增的同时,伴随着强降水天气过程的来临,22 至 23 时,本站 1 小时降水量为 77.7mm,23~24 时降水量为 62.4mm,24 小时降水量为 157.0mm。降水发生在短时间内。

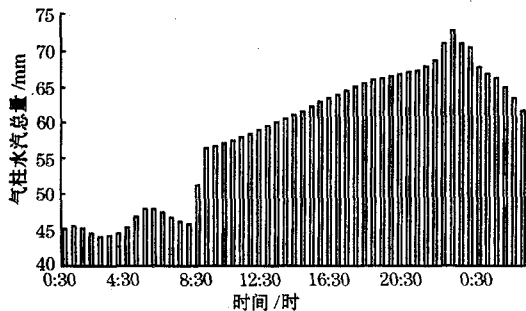


图2 阳江5月16~17日气柱水汽总量分布

图3给出了阳江5月27~30日气柱水汽总量分布图。图中的时间间隔为0.5小时。由图3可见,27日08:30气柱水汽总量36.6mm,其后虽有逐渐增加趋势,但全天均为干燥型大气;28日01时增至50mm,局地大气稳定增湿;29日03时增至65.2mm,大气已演变为高湿型。随着时间的推移,局地大气进一步增湿;30日08时,气柱水汽总量增至71mm,近72小时增加34.4mm。这是一例缓慢增湿过程。从29日23时开始有降水,30日05时雨强增大,1小时降水量为22.1mm,06时雨强最大,1小时降水量为99.9mm,07时次之,1小时降水量为60.1mm,这一日全天有降水。29日21时至30日20时24小时降水量为419.2mm。这次降水过程范围不大,分布也不均匀。阳江附近的台山24小时降水量为211.5mm,开平116.4mm,恩平54.3mm,四会49.2mm,郁南37.4mm,电白23.9mm。

通常降水过程开始后,气柱水汽总量逐渐减小,可30日08时气柱水汽总量为71.0mm,09时持续增长至73.3mm。由此推论,阳江为一水汽辐合区,有源源不断的水汽向阳江输送。尽管此地出现了降水,但局

地气柱水汽总量持续增长,这预示着降水过程不可能在短时间内结束,31日24小时降水量为156.7mm。

由此可见,无论气柱水汽总量增长方式如何,气柱水汽总量都是受当地的天气系统支配的。激增往往与快速移动系统如短波槽、风切变、风向风速辐合等中尺度系统有关,常造成雨强大、历时短的对流性天气。表2给出了两测站水汽激增时段、增幅、本站及附近地区24小时降水量。缓增通常持续增长36小时以上甚至达48小时,这种稳定持续增长通常与相对稳定、深厚的天气尺度的天气系统有关,这种天气过程持续的时间较前者长,降水范围也相对大些。

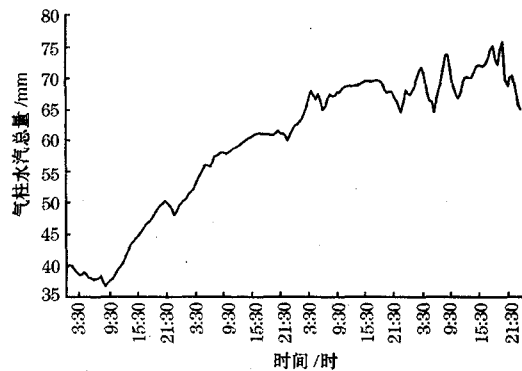


图3 阳江5月27~30日气柱水汽总量分布

2.4 持续、稳定的高湿大气

在试验期发现,通常在水汽激增和缓增时易出现暴雨或大暴雨,这类暴雨是显而易见的;但试验期还发现,在持续、稳定的高湿大气中,本站及附近地区只要有扰动的存在(即启动系统),就有可能产生暴雨或大暴雨。表3给出了华南暴雨试验期两测站及附近地区在增湿不十分明显的高湿大气中的暴雨日及24小时降水量。由此可见,在增湿幅度不明显的持续、稳定的高湿大气中,本站及附近地区致灾的暴雨或大暴雨也都是不可忽视的。

3 气柱水汽总量与相对湿度

在气象学中,相对湿度受温度、气压、下垫面以及海陆差异影响,具有明显的日变化

特征。图 4a、b 分别给出两测站 5、6 月各时相对湿度平均值曲线。图 4a 显示 5 月两测站相对湿度峰值在 06 时, 谷值在 13 时; 图 4b 显示 6 月两测站相对湿度峰值在 06~07 1 小时。

表 2 两测站水汽激增时段、增幅与降水量

测站	日期	时段	增值量/小时	本站及附近地区 24 小时降水量/mm
汕头	5.15	0:30~02:30	17.2mm/2	39.7、饶平 125.4、澄海 63.8、惠来 51.6
	5.17	17:00~17:00	24.7mm/24	33.2、饶平 48.4、南澳 52.7、潮阳 50.1
阳江	5.12	01:30~01:30	19.5mm/24	46.3
	5.17	07:30~22:30	26.9mm/15	157.0、珠海 89.2
	6.22	20:00~21:00	10.0mm/1	14.4、阳春 223.3
	6.23	17:00~11:30	24.5mm/18.5	1.1、阳春 94.8、台山 73.9

表 3 试验期高湿大气中的测站及附近地区 24 小时降水量

日期	测站	本站降水量/mm	附近地区降水量/mm
5.23	阳江	95.5	
5.24	阳江	63.3	中山 290.7、四会 235.0、斗门 189.1、珠海 198.7、上川岛 181.9
5.25	汕头	56.9	普宁 92.6、揭阳 61.5、潮阳 46.8、澄海 46.9
5.31	阳江	156.7	恩平 122.0
6.5	阳江	9.0	台山 119.1、珠海 84.4
6.11	阳江	61.2	恩平 34.6
6.23	阳江	94.8	斗门 213.7、珠海 136.0、深圳 81.8、阳春 94.8、台山 73.9
6.23	汕头	52.1	云霄 80.2、揭西 81.6
6.24	阳江	7.1	阳春 383.1、台山 137.6、恩平 115.5、中山 67.4
6.24	汕头	28.6	云霄 69.1

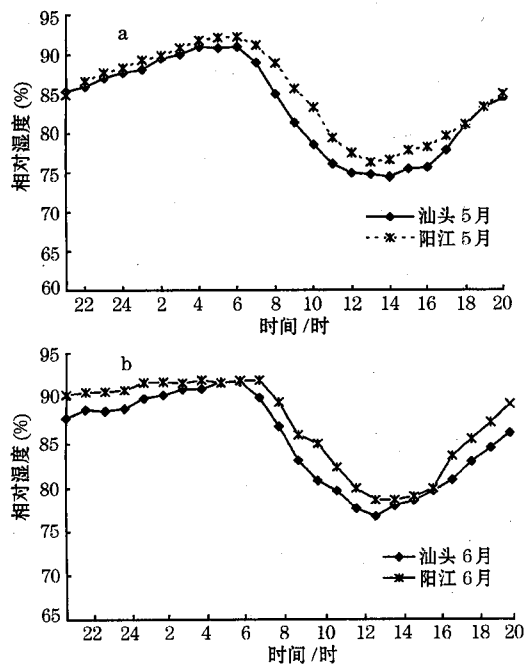


图 4 1998 年 5、6 月相对湿度的逐时变化

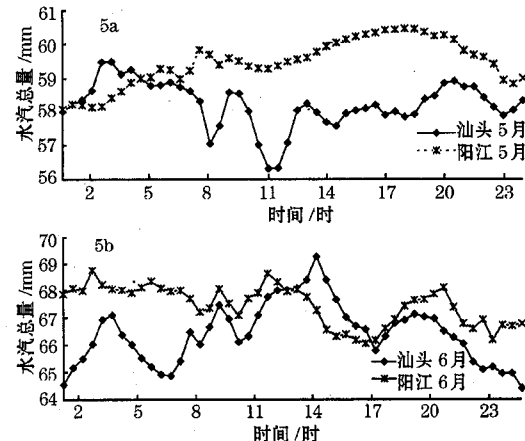


图 5 1998 年 5、6 月逐时气柱水汽总量平均值变化

图 5 给出华南暴雨试验期两测站 GPS 资料反演气柱水汽总量值间隔 0.5 小时的平均值分布曲线。图 5a 和图 5b 分别显示 5、6 月每日各时刻的平均值分布曲线。由图可见, 气柱水汽总量日变化特征不如相对湿度明显, 似乎有小振幅脉动现象。这种不受日变化影响的水汽参数使用直观、方便, 它对于

暴雨的临近预报是有参考和使用价值的。

4 讨论

(1)在华南暴雨试验期间,华南地区在季风环流控制下,气柱水汽总量并不是恒定的。气柱水汽总量的活动呈波状变化,有小振幅脉动现象;水汽总量会以缓增、激增和稳定持续的方式变化,并具有阶段性变化特征。这种阶段性通常与受尺度不同的天气系统(如副高中心的位置、副高西伸脊点的位置)影响和较强的冷空气活动、季风系统的强弱有密切的关系。环境系统的强弱以及系统的相对稳定性和持续时间,这些因素都对水汽输送带着直接的影响。

(2)华南前汛期气柱水汽总量5月主要受西南季风的影响,6月的高湿与印度季风爆发、加强有密切关系。

(3)在华南暴雨试验期,降水的热力条件始终具备,不稳定能量重建迅速,扰动、动力抬升是关键。

(4)气柱水汽总量值不仅可用来作临近预报指标,判断季风系统的强弱,还可用来区分海洋潮湿气团和大陆干燥气团。

由于文中仅用两个测站的有限资料,分

析的结果是初步的。分析中难免有局限性,还需做大量的工作。

参考文献

- 1 杨红梅,葛润生,徐宝祥.用单站探空资料分析对流层气柱水汽总量.气象,1998,24(9):8~11.
- 2 雷雨顺.降水及其天气学研究(六).降水及其天气学研究.新疆气象局新疆气象编辑组,1982:7~25.
- 3 陶诗言.中国夏季副热带天气系统若干问题研究.北京:科学出版社,1963.
- 4 Chen Longxun, Draft proposal for the South China Sea monsoon experiment (SCSMEX), Annual report, CAMS, 1994-1995:25-37.
- 5 梁必骥,包澄澜.华南前汛期暴雨的中分析.暴雨文集.长春:吉林人民出版社,1978:87~93.
- 6 陈世训,高绍凤.华南夏季风的特征及雨季降水的关系.全国热带夏季风学术会议文集.昆明:云南人民出版社,1981:129~140.
- 7 陈世训,高绍凤,杨崧.5~6月我国南方降水的水汽来源及其异常.全国热带夏季风学术会议文集.昆明:云南人民出版社,1982:97~110.
- 8 许孟英.华南夏季风盛行日期的确定及季风雨开始期的环流分析.全国热带夏季风学术会议文集.昆明:云南人民出版社,1981:251.
- 9 杨红梅,徐宝祥,周秀骥.GPS资料在天气分析中的应用,气象科技,2000,28(4).

Analysis of Water Vapor Characteristics of Torrential Rainfall in South China with GPS Data

Yang Hongmei He Ping Xu Baoxiang

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

Based on GPS (Global Positioning System) data observed at the intervals of half an hour during the period of the Huanan (South China) Torrential Rainfall Experiment from 5 May to 26 June 1998, analysis results reveal that the characteristics of moisture variation and moisture increasing manner of the total water content within the local column air. It indicates that increasing and decreasing of the total water content within the column in of discontinuity evidently. This is directly associated with variation of general circulation and with outbreak of Huanan Torrential Rainfall.

Key Words: column water vapor torrential rainfall GPS