

引用格式:刘梅,王磊,陈圣劼,等. 江苏梅汛期不同天气背景水汽特征量分析[J]. 资源科学, 2017, 39(11): 2141-2152. [Liu M, Wang L, Chen S J, et al. Moisture characteristics analysis of different weather backgrounds in Plum Flood Season in Jiangsu[J]. Resources Science, 2017, 39(11): 2141-2152.] DOI: 10.18402/resci.2017.11.12

# 江苏梅汛期不同天气背景水汽特征量分析

刘梅, 王磊, 陈圣劼, 吴海英

(江苏省气象台, 南京 210008)

**摘要:**本文利用2010—2014年6—7月逐日ERA再分析资料( $0.75^\circ \times 0.75^\circ$ ), 以及2010—2015年6—7月江苏71个基本站点降水实况观测资料、24个地基GPS遥感监测数据反演PWV资料, 对江苏梅汛期不同背景的水汽特征量对比探讨, 分析结果表明, 不同天气背景下水汽特征量反映不同, 相对湿度和有无降水关系较好, 比湿与PWV均可用于判断降水量级大小, 并制定了不同降水量级所对应比湿与PWV值判断指标, 梅汛期暴雨过程平均PWV值均在60mm左右, 较弱降水过程高10mm左右, 无降水天气一般在30~33mm。江苏不同区域暴雨过程中PWV空间分布呈现明显差异, 当全省PWV均较高时, 暴雨出现在江苏北部地区, 仅沿江苏南PWV较大时, 暴雨出现在江苏南部地区, 暴雨区与PWV大值区相对应。不同区域暴雨区均出现在相对湿度大值区与水汽含量高值重叠区域, 但南北不同区域暴雨过程中湿度和大气中水汽含量分布型态不同, 在此基础上建立了江苏不同区域暴雨形势与水汽配置图。

**关键词:**梅汛期; 不同天气背景; 水汽特征量; 暴雨; 江苏

DOI: 10.18402/resci.2017.11.12

## 1 引言

在日常天气预报业务中很多天气判断均用到了水汽分析, 如利用近地面水汽饱和度判断雾, 根据700hPa相对湿度判断降水, 比湿大小判断降水量级大小等等, 不同天气所依赖的水汽条件体现在不同的水汽特征量上, 描述水汽的物理量很多, 如绝对湿度、比湿、相对湿度、露点等。有的表示空气中水汽饱和程度, 有的表示含水量多少, 而关于水汽特征的研究前人也从不同方面展开过大量研究, 并获得一系列实用性较强的成果。于波等、杨莲梅等、卓嘎等分别从气候角度分析了华南5月降水的水汽特征、新疆地区春季降水异常的水汽特征和青藏高原夏季降水的水汽特征<sup>[1-3]</sup>。研究的另一重点领域是针对暴雨过程展开水汽分析, 较多学者主要从水汽辐合、水汽输送路径等方面探讨对暴雨的贡献, 如杨莲梅等通过三次暴雨过程对比分析, 探讨了致使新疆暴雨发生的水汽特征<sup>[4]</sup>。康志明、曹晓

岗、蒋翠花等分别讨论了江淮地区暴雨的水汽输送和辐合特征<sup>[5-7]</sup>。也有学者从水汽收支及整层水汽演变的角度分析水汽与暴雨的关系, 如丁一汇等、江志红等、罗建英等分别探讨了不同区域出现暴雨时的水汽收支和输送路径<sup>[8-10]</sup>。这些研究均较宏观地探讨了暴雨过程中水汽的收支问题。而在实际预报中水汽的具体变化与降水的关系需要从较为细化的角度展开, 南京大学李武阶<sup>[11]</sup>开展了相关研究, 从不同水汽特征量方面讨论了水汽演变与暴雨的关系, 建立了武汉地区梅雨期暴雨预报的水汽特征指标。随着现代化监测资料的丰富, 越来越多的人关注到PWV/GPS (Precipitable Water Vapor/Global Position System, 全球定位系统探测反演得到的大气可降水量, 下同)与各种天气关系的分析, 并发现大气可降水量和降水量间存在一定的关系<sup>[12-15]</sup>。研究发现, 针对某一地区不同背景下水汽特征量的具体分析较少, 而在预报判断中正是需要当地气象

收稿日期: 2017-02-10; 修订日期: 2017-09-12

基金项目: 江苏省自然科学基金面上研究项目(BK20161604)。

作者简介: 刘梅, 女, 江苏丰县人, 硕士, 正研级高级工程师, 主要研究方向为梅雨期暴雨预测。E-mail: lmkerly@163.com

通讯作者: 王磊, E-mail: 29184751@qq.com

要素的细致分析,建立不同背景下水汽特征量与降水及降水量级之间的定量关系。

目前除常规的水汽监测,还拥有现代化的地基GPS遥感监测资料,而江苏对本地水汽特征量与降水之间关系的研究较少,该项工作的开展可以建立江苏地区不同的水汽特征量与降水之间的关系,为降水及灾害性天气预报提供判断依据。本文即针对江苏梅汛期不同天气展开水汽特征量分析,并重点讨论梅汛期暴雨期间水汽特征量的变化特点。

## 2 资料与方法

文中降水资料来自2011—2014年江苏71个基本站逐日降水实况观测,PWV/GPS数据为2010—2015年江苏24个地基GPS遥感监测数据的反演资料。不同天气背景下各站点水汽特征量和形势分析资料分别为ERA再分析资料( $0.75^\circ \times 0.75^\circ$ )(<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/era40-daily/levtype=sfc/>)。500hPa、700hPa、850hPa相对湿度、比湿和大气水汽含量利用ERA再分析资料计算获得,利用08、20时次(北京时)做日平均处理,空间上选取南京周围四个格点( $31.5^\circ\text{N}$ ,  $118.5^\circ\text{E}$ )( $31.5^\circ\text{N}$ ,  $119.25^\circ\text{E}$ )( $32.25^\circ\text{N}$ ,  $118.5^\circ\text{E}$ )( $32.25^\circ\text{N}$ ,  $119.25^\circ\text{E}$ )进行空间平均,大气水汽含量利用比湿从地面到300hPa的积分计算。因GPS资料年限较短,研究个例均取自2010—2015年6—8月进行归纳统计分析。为探讨无降水、弱降水、暴雨等不同天气的水汽特征量,分别选取不同天气过程开展对比分析。

## 3 梅汛期水汽特征量分析

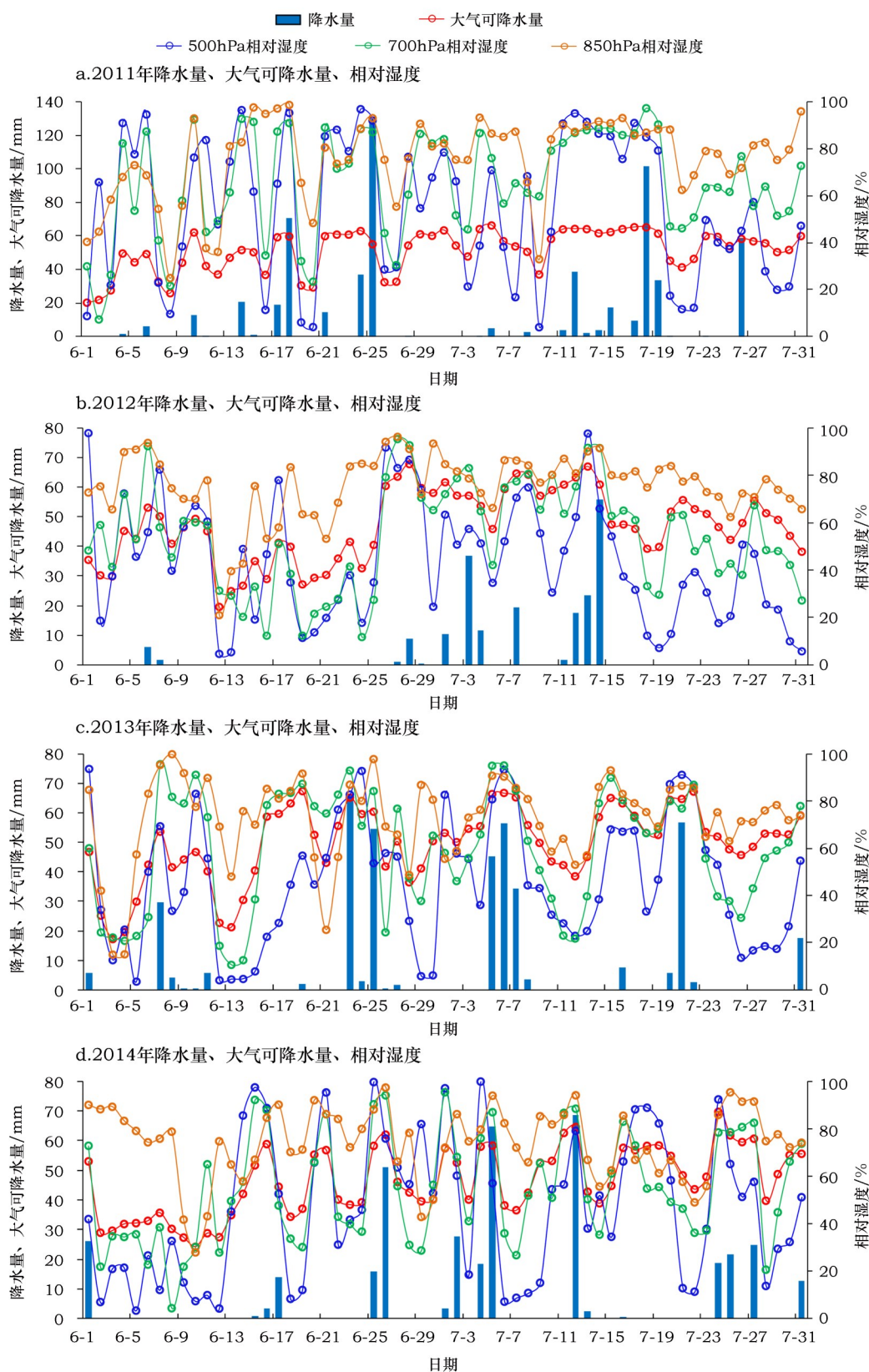
### 3.1 6—7月不同天气水汽特征量分析

以南京站( $32^\circ\text{N}$ ,  $118.8^\circ\text{E}$ )分析不同天气状况下水汽特征量变化,图1为2011—2014年6—7月南京逐日天气实况以及对应的水汽特征量时序变化图。6—7月降水日与整层水汽含量高值日、相对湿度大值日、比湿高值日均有较好的对应关系。相对湿度增大、整层水汽含量升高、比湿增大时一般伴有降水,但并不是每一次均有降水发生,有些时段同样的水汽条件下降水量级有很大差异,如2011年6月29日—7月1日湿度、比湿和整层水汽含量均较大,和6月24—25日水汽条件非常接近,但前者无降水后者出现大暴雨,因此对于单站降水的判定水

汽条件固然重要,天气系统位置也起到关键作用。从逐日变化分析有无降水发生和相对湿度有紧密关系,每一次降水相对湿度均接近饱和。比湿、整层水汽含量值不仅和有无降水有关,同时还和降水量级大小有关,降水量级较大时段所对应的比湿和PWV值均较高,或者在其前期已达到较高,如2012年7月上旬到中旬、2013年6月23—25日、7月5—7日、7月21日均是强降水时段,比湿与整层水汽含量均处于高值阶段。持续降水阶段水汽条件也具有一定特点,期间均出现高相对湿度、高比湿、高整层水汽含量值或伴有短暂下降。

不同天气状况下不同要素在各层的分布规律也呈现不同特点,相对湿度在有降水时段500~850hPa均接近饱和的状态。无降水时段各层相对湿度差异较大,从850~500hPa依次递减,6—7月850hPa在70%左右,500hPa在40%以下,各层达到水汽饱和是产生降水的条件。比湿的变化无论有无降水各层均存在较大差异, $q_{850\text{hPa}} > q_{700\text{hPa}} > q_{500\text{hPa}}$ ,有降水时段,各层比湿均出现明显升高,每一次降水过程均对应着比湿的增大。从2011—2014年6—7月每次暴雨、非暴雨和无降水时段的各层比湿变化发现,出现暴雨时850hPa、700hPa、500hPa比湿平均在14g/kg、10g/kg和5g/kg以上,非暴雨时有些个例比湿相对较大,此情况一般发生在主要影响系统不在本区域。无降水时6—7月份各层比湿平均在10g/kg、7g/kg、2g/kg以下。为更好说明各水汽特征量与降水之间的关系,分别计算了2011—2014年日特征量与日降水量之间的相关系数(表1,见第2146页),日降水量与相对湿度、比湿、整层水汽含量都存在一定的相关,且均通过0.01的信度检验。700hPa相对湿度、比湿、日平均相对湿度和降水的相关较明显,850hPa相对湿度与比湿因受地面影响相关较差。整层水汽含量也存在明显的相关性。因此,6—7月梅汛期降水判断中水汽特征量具有很好的反映,不同水汽特征量在降水判断方面具有不同作用,相对湿度主要用于判断有无降水,比湿与整层水汽含量均可用于判断降水量级大小,不同层次的水汽特征量呈现不同的特征,700hPa的指示意义更为明显。当然在具体过程中需考虑天气系统的动力条件。

2017年11月



(转下页)



(接上页)

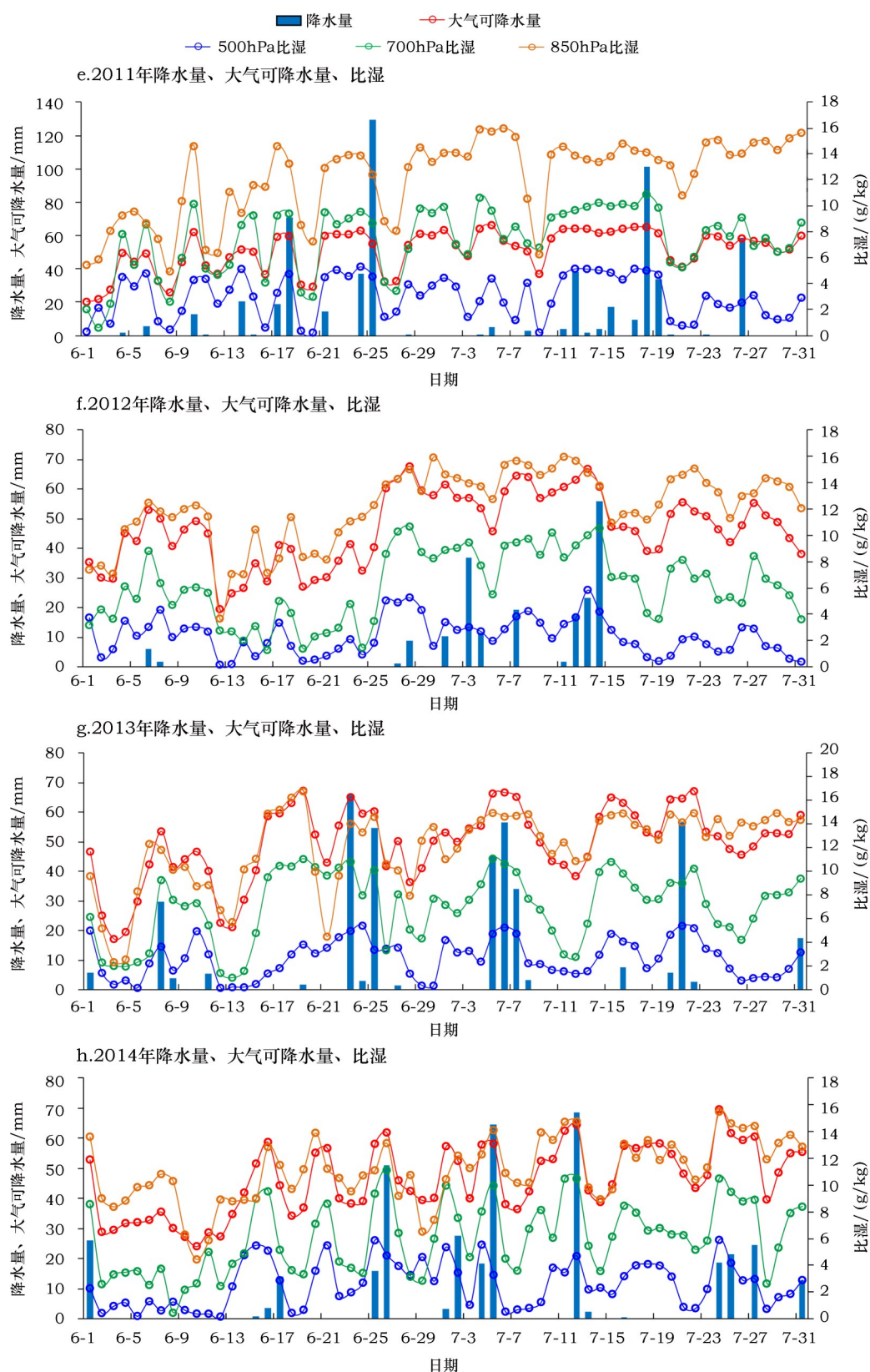


图1 2011—2014年6—7月降水量与500hPa、700hPa、850hPa相对湿度、比湿、整层水汽含量的关系

Figure 1 The relationship between precipitation and relative humidity, specific humidity, whole layer moisture content on 500hpa, 700 hPa, 850hPa in June and July from 2011 to 2014

2017年11月

### 3.2 6—7月不同天气地基GPS反演PWV分析

因江苏地基GPS资料有些时段缺少严重,6—7月PWV值逐日分析选取资料较全的2010年、2011年、2015年高淳站和2014年浦口站资料,分析6—7月降水与PWV/GPS逐日变化关系(图2)。发现不是每一次PWV值的升高都对应着本站降水,但每一次降水过程都对应着PWV值的上升,且上升幅度明显,可见PWV值的升高是降水发生的必要条件,但不是充分条件。当出现较强降水时所对应的PWV值均较高,如2010年7月3—5日,2011年6月9—10日,高淳站PWV值从20mm升到了60~70mm,本站出现了50mm以上的暴雨天气,强降水一般伴随着PWV值迅速上升,同时随着PWV值下降也伴随降水逐渐停止。而持续降水时段PWV/GPS值也具有一定特点,从2011年和2015年两年持续降水期间可发现PWV并不是持续处于高值期,而是存在短暂波动,PWV值的波动上升到顶峰一般对应着一次降水加强,而短暂的减弱当日对应降水减弱。如2011年7月中旬、2015年6月中旬到下旬几次降水加强和减弱阶段均呈现出该特点。另外,有些时段PWV值相对较高,但本站并没出现降水,对这些时段资料反查发现和天气系统的位置有关,本站虽没有降水,但一般以阴天为主。而没有降水晴好天气时段,PWV值均较小,不同季节有较大差异,6—7月一般为35~40mm

左右。可见不同天气状况下PWV/GPS值差异性明显。

为分析不同级别降水的量化标准,分别选取了夏季各站点无降水(30天平均)、弱降水(暴雨以下

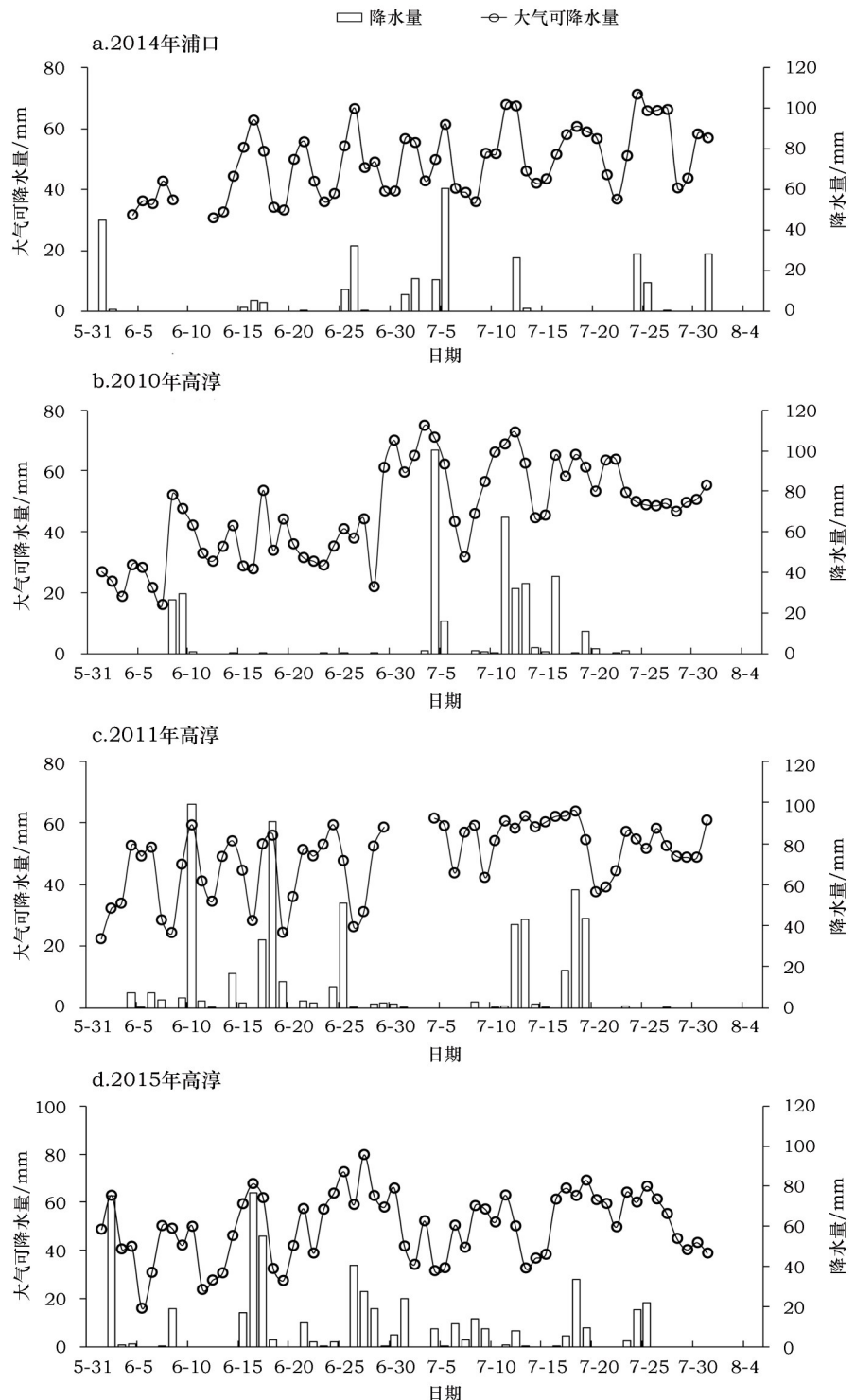


图2 6—7月降水量与PWV值逐日变化

Figure 2 The change day by day of precipitation and PWV value in June and July

表1 2011—2014年日降水量与测站日平均相对湿度、500hPa、700hPa、850hPa相对湿度、比湿、整层水汽含量的相关系数

Table 1 The correlation coefficient of daily precipitation and average relative humidity ,specific humidity ,vapor content on 500 hPa, 700hPa, 850hPa from 2011 to 2014

年份	日平均相对湿度/%	500hPa 比湿/(g/kg)	500hPa 相对湿度/%	700hPa 比湿/(g/kg)	700hPa 相对湿度/%	850hPa 比湿/(g/kg)	850hPa 相对湿度/%	PWV /mm
2011	0.499*	0.403*	0.410*	0.392*	0.465*	0.171	0.311	0.327
2012	0.528*	0.435*	0.391*	0.476*	0.490*	0.274	0.259	0.418*
2013	0.536*	0.516*	0.519*	0.426*	0.468*	0.270	0.392*	0.446*
2014	0.577*	0.400*	0.362*	0.559*	0.518*	0.466*	0.481*	0.504*

注:\*表示相关系数通过0.01 信度检验。

量级 10 次过程平均)PWV 值进行分析(图 3)。从 6—7 月江苏各站多日平均分布情况可明显看出,夏季无降水时所有站点 PWV 值平均在 32~33mm,而有降水但没有达到暴雨级别量级时所有站点 PWV 值明显偏高,平均在 45~55mm 左右,可见夏季降水发生时和无降水时段 PWV 值具有明显差异,这点可以用来作为梅汛期是否会出现降水的判断依据。灾害性天气暴雨发生时水汽特征量变化后面将深入具体讨论。

3.3 江苏不同区域暴雨水汽特征量分析

根据江苏暴雨发生的不同区域,分别选取在江苏苏北、沿江苏南地区造成区域性暴雨的个例各 5 次,具体过程如下:

沿江苏南地区:

2015060208-2015060308、2015061608-2015061708、2014062608-2708、20140831-0901、20150626-0627

苏北地区:

2014092808-2908、2010082508-2608、20100826

08-2708,20150624-0625,20150629-30

利用这些个例从水汽分布和天气系统相结合对江苏不同区域暴雨发生时水汽特征展开分析。同时考虑统计结果代表性,统计了 2010—2015 年江苏不同区域大范围暴雨所有个例 PWV 的分布,分别对不同区域所有暴雨个例平均,得到江苏不同区域暴雨平均 PWV 值空间分布。

首先,利用所选 10 次暴雨过程中所有站地基 GPS 反演的 PWV 数据进行各站平均,暴雨过程平均 PWV 值大部分站点均在 60mm 左右(图略),较弱降水过程高 10mm 左右。可见,PWV 值对无降水、弱降水、暴雨判别具有很好的指示意义。

图 4 与图 5 分别为沿江苏南和苏北地区 5 次暴雨过程及多过程平均 PWV 的分布,无论是单个暴雨个例还是多过程平均都呈现明显不同的区域分布特点。沿江苏南地区暴雨过程中 PWV 的大值区均位于 33°N 以南,大部分站点都在 60mm 以上,有些过程达到 70mm 以上。多个例平均暴雨区 PWV 值在 55mm 以上,而 33°N 以北区域 PWV 值明显较

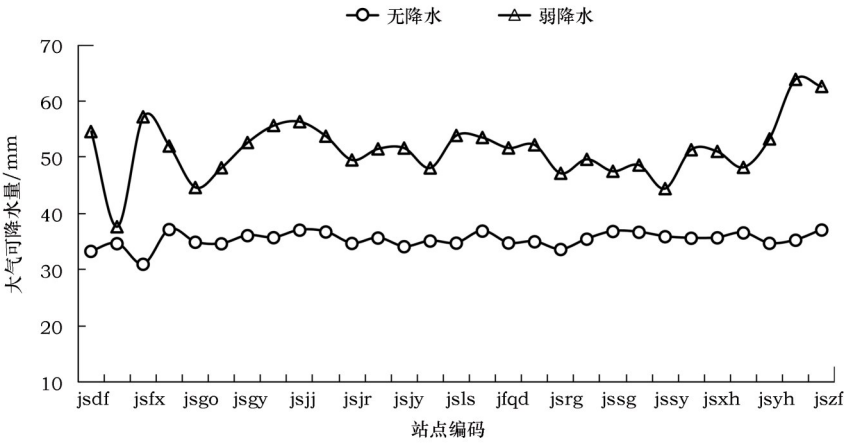


图3 夏季无降水和弱降水江苏地基 GPS 监测站 PWV 值平均分布

Figure 3 The PWV average value distribution of Jiangsu GPS monitoring stations in the situation of un-precipitation and weak precipitation summer



2017年11月

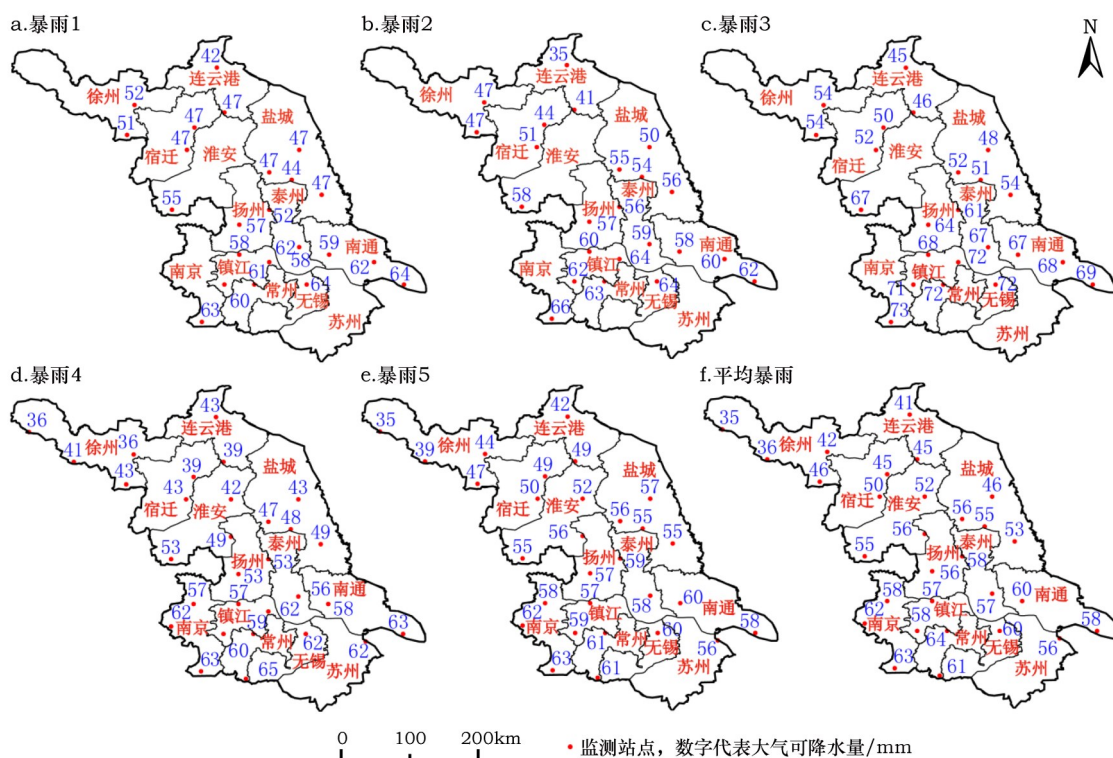


图4 沿江苏南地区暴雨个例及平均大气可降水量分布

Figure 4 The average Precipitable Water Vapor value distribution of each example and average in the south of Jiangsu and region of along the Yangzi river

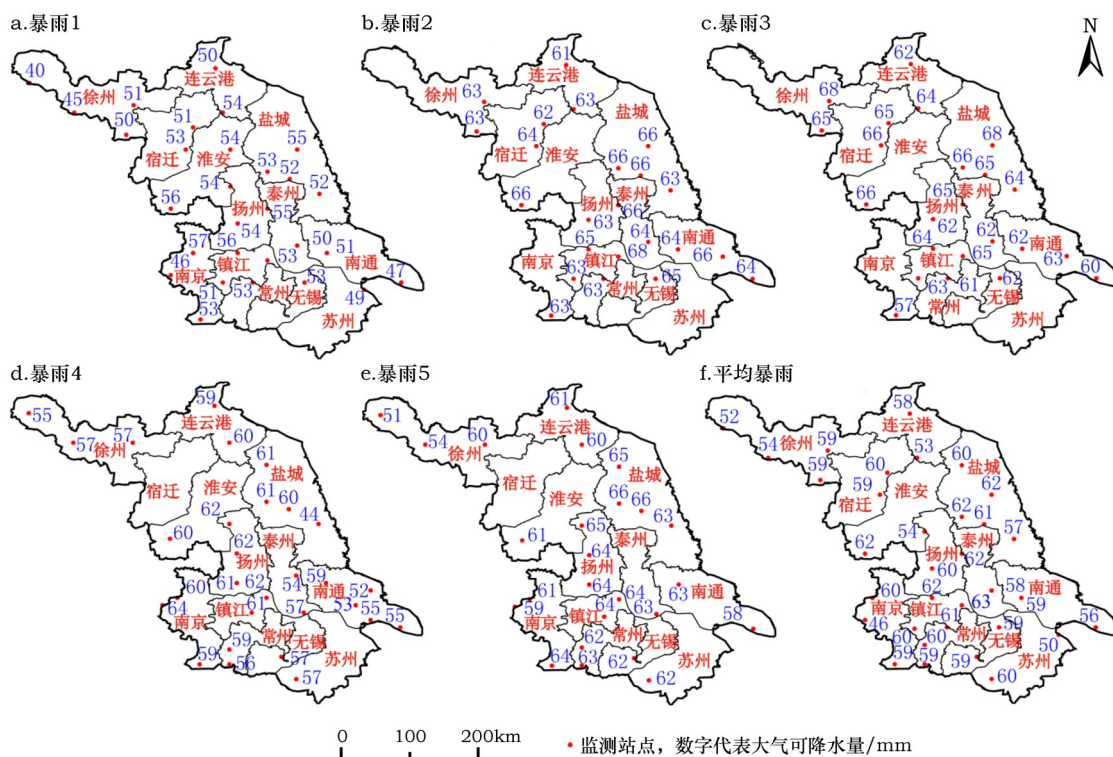


图5 苏北地区暴雨个例及平均大气可降水量分布

Figure 5 The average Perceptible Water Vapor distribution of each example and average in the north of Jiangsu

低,一般在40~50mm左右。平均状态55~60mm以上PWV值的区域分布和暴雨落区有较好的对应关系。

而苏北暴雨个例和多个例平均分布均呈现全省PWV值较大的特点,均在60mm左右,并没呈现暴雨区明显偏高的特点。从对应天气系统分析,这种暴雨及所对应的PWV值分布的差异主要和降水影响系统有关,当苏北和苏南地区PWV值均较高时暖湿气团北抬明显,天气系统辐合区及冷暖气流交汇位置也相对偏北,水汽条件均较好时,辐合上升区决定了暴雨落区。而仅沿江苏南地区PWV值较高时,水汽输送北界、辐合区域偏南,江苏北部在水汽和系统方面都不利于降水发生,暴雨主要位于沿江苏南PWV的大值区。因此江苏不同区域PWV值分析说明PWV大值区分布和暴雨落区有关系,但具体落区还受到天气系统位置影响,仅沿江苏南PWV较大时,暴雨落区和PWV高值区对应较好,全省PWV均较高时,影响系统北抬至较高纬度,暴雨一般出现在江苏北部地区。

上述分析仅仅是江苏不同区域暴雨过程中PWV值的分布特点,而其他水汽特征量对于江苏不同区域又呈现什么特点,和天气系统的配置关系如何,本文针对上述不同区域的5次过程展开分析。图6为2010年8月25日苏北地区暴雨个例,暴雨发生前12h南海-山东一带500~700hPa存在明显的高相对湿度带,从相对湿度的时空分布上江苏的北部地区处于近饱和状态,而南部地区较低,而江苏上空整层大气含水量全省均较大,大部分地区在 $60\text{kg/m}^2$ 左右,但此时影响系统偏北,副高较强,588dagpm线北界位于淮北,584dagpm线位于山东,江苏强降水还没有开始。而25日20时随着系统南压,暴雨当日高相对湿度带也明显南压,湿度大值区分布为南海-淮北一线,整层大气含水量仍是全省均较大,为 $(55\sim 60)\text{kg/m}^2$ ,影响系统主要影响江苏淮北地区,588dagpm和584dagpm线均明显南压,副高588dagpm线南压至沿江地区,584dagpm线位于山东江苏交界处,冷暖气流交汇区和低层辐合区主要位于淮北地区,本次过程高相对湿度和降水区域对应较好,在全省大气含水量均较高时强降水出现在江苏北部地区,也再次验证了相对湿度、大气含水

量与江苏北部暴雨的关系。

从五次苏北地区出现暴雨当日湿度、形势和大气水汽含量分析(图略),不同个例间有共性和差异,在发生暴雨当日,江苏北部各层相对湿度均较大,584dagpm线均位于山东南部到沿淮一带。但湿度带的走向、水汽源不同形势下具有一定差异,有些个例高湿度带水汽源来自两个不同的区域,南海-淮北和孟加拉湾-淮北两条湿度带共存,该种情况下所对应的副高西脊点位置较偏东,位于海南东部至台湾一带,由于水汽输送路径的差异,此情况下江苏大气水汽含量分布全省较高。如2010年8月25—26日和2015年6月24日。有些个例高湿度带分布从孟加拉湾-云南-淮北一线,该情况下副高西脊点偏西,南海一带为高压环流,西脊点到达 $90^\circ\text{E}$ 以西,大气水汽含量在全省分布呈先期北高南低特点。

可见,江苏北部发生暴雨时,副高形态、强度不同时相对湿度均呈现江苏北部高,而大气水汽含量分布呈现不同特点,两者均较大的区域是强降水落区。当副高西脊点偏东(南海-台湾),大气水汽含量全省均较大,但暴雨区位于苏北地区。当副高西脊点偏西时,大气水汽含量大值区位于我省的北部地区,强降水也位于该区域。其具体副高形势、湿度、大气水汽含量配置情况见图(图7a、图7b,见第2150页)。

沿江苏南地区五次暴雨形势与水汽分布都具有一定的共性(图略),首先中纬度地区500hPa有浅槽东移南下,江苏为弱的西到西北风,沿江苏南地区位于槽底,副高呈东西带状分布,脊线位置为 $20^\circ\text{N}$ — $22^\circ\text{N}$ ,西脊点一般位于海南的西部地区,588dagpm线和584dagpm线分别位于浙江南部和我省苏南地区,水汽输送来源于孟加拉湾更加明显,从云南-沿江苏南地区明显高湿度带。水汽含量高值区主要位于沿江苏南地区,因受水汽输送路径的影响,整层水汽含量值分布经常是沿江苏南的西部地区先明显升高,且呈西北-东南向分布,淮北量值明显较低,水汽主要集中在沿江苏南地区。梅汛期沿江苏南地区区域性暴雨天气背景、水汽来源、水汽含量分布具有极大的共性,暴雨区和形势、湿度、水汽含量值的分布都有很好的一致性,其具体配置



2017年11月

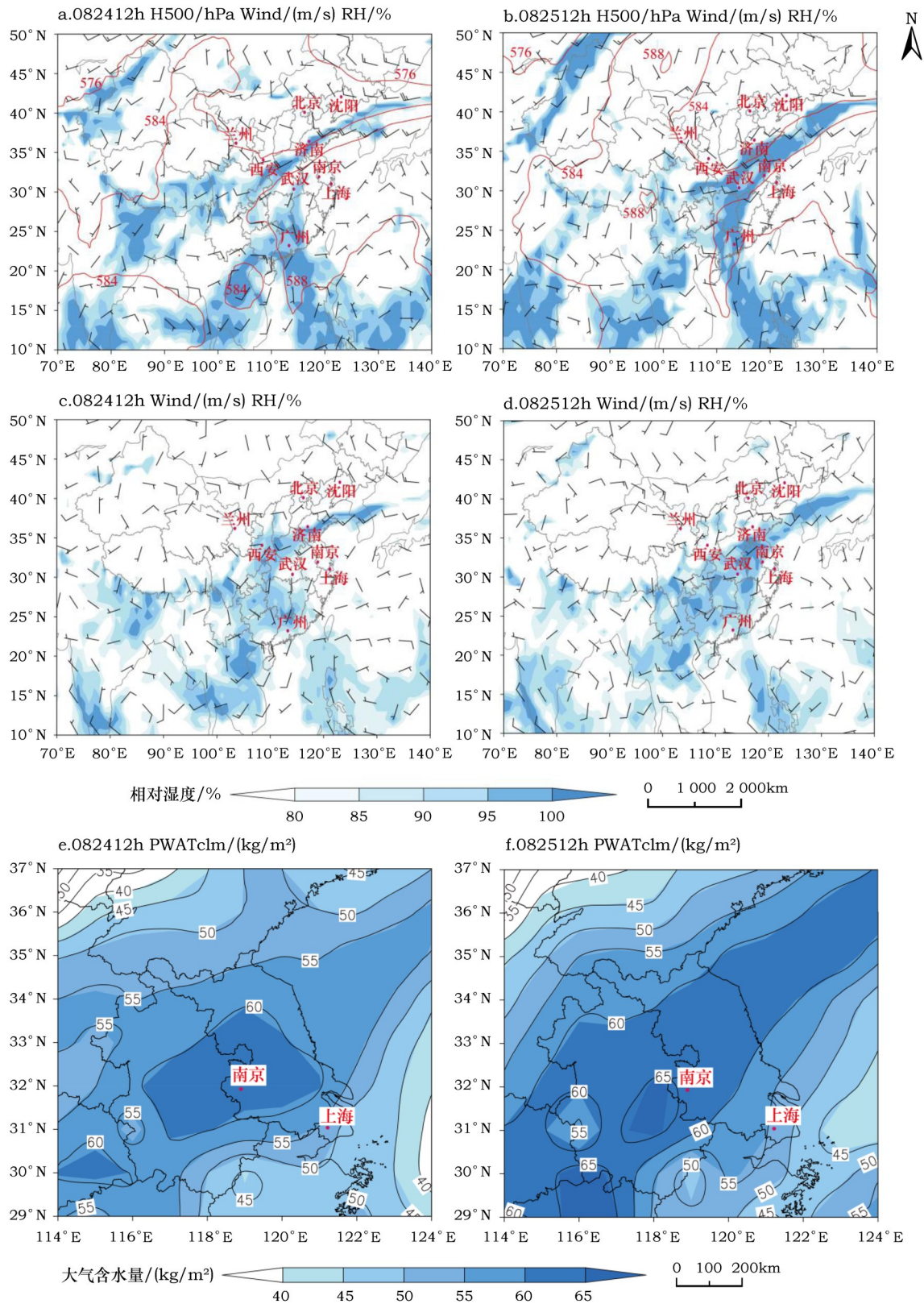


图6 20100825-26苏北地区暴雨个例风场、相对湿度变化及整层大气水汽含量分布

Figure 6 The distribution of wind field, relative humidity and the whole layer vapor content in 20100825-26 heavy rain example happening in the north of Jiangsu

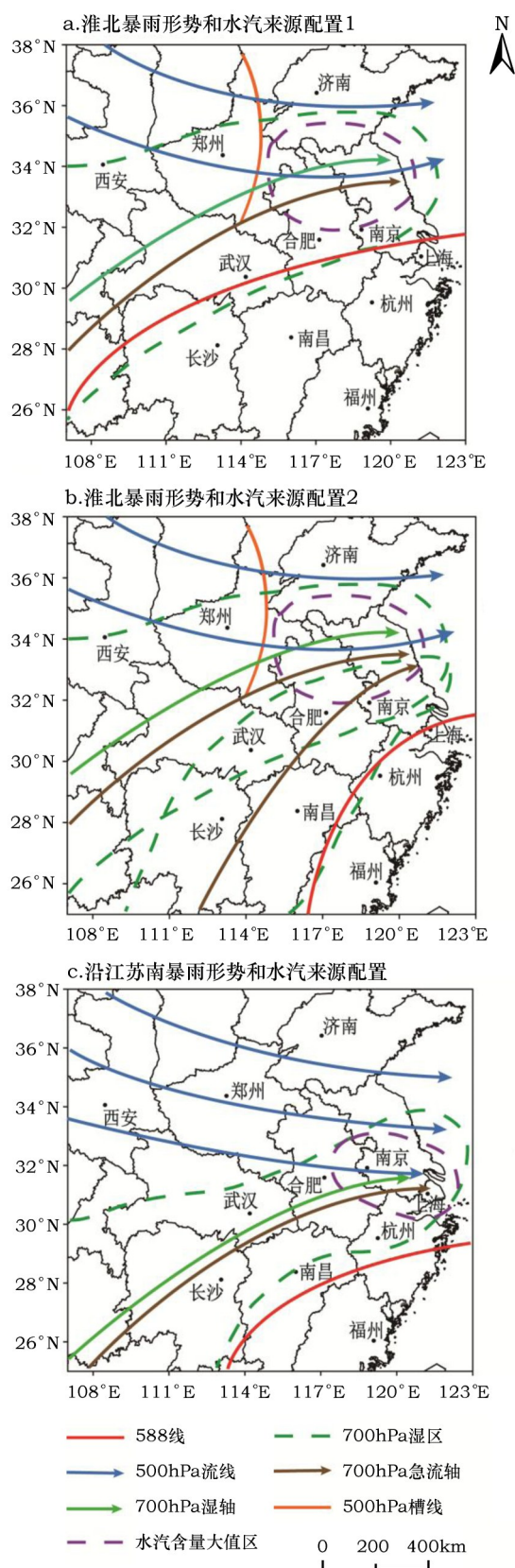


图7 江苏不同区域暴雨形势与水汽配置

Figure 7 Configuration figure of weather situation and vapor in different regional heavy rain of Jiangsu

情况见图7c。

对比江苏南北暴雨发生的形势和水汽配合情况,两者具有一定的共性,也存在一定差异,暴雨均出现在相对湿度大值区与水汽含量高值重叠区域,苏北暴雨发生时,沿江苏南一般也会出现水汽含量明显增大,但沿江苏南出现暴雨时,苏北一般水汽含量较低。而系统变化上苏北地区暴雨发生在高空槽南下影响时,而沿江苏南地区多发生在高空浅槽背景下西南急流增强时,这也说明江苏南北暴雨过程均存在明显的冷暖气流交汇和锋生条件。两区域暴雨过程湿度和大气中水汽含量在江淮地区分布形态也存在明显差异,苏北暴雨过程呈东北-西南向,而沿江苏南呈西北东南向分布,这种分布形态主要由南北系统影响时间先后造成,苏北暴雨先是暖湿增强,然后高空槽南下影响产生暴雨,水汽沿槽前西南气流分布。而沿江苏南暴雨过程中前期环流平直或江苏北部是弱的西北风,水汽随西南气流增强到江淮地区,受北槽或西北风的压制,湿度大值区在江苏分布呈现出西北-东南向分布。形势决定了降水走势和分布,因此根据江苏不同区域暴雨过程形势和水汽特征量分析,总结绘制了江苏不同区域暴雨形势和水汽分布图(图7)。

## 4 结论与讨论

通过对不同天气背景下水汽特征量及相关形势分析,得出以下结论。

(1)江苏梅汛期不同水汽特征量在降水判断方面具有不同作用,相对湿度和有无降水关系较好,比湿与PWV均可用于判断降水量级大小,不同层次的水汽特征量呈现不同的特征,700hPa各水汽特征量指示意义更为明显。

(2)不同类型天气PWV/GPS值具有明显差异,梅汛期暴雨过程平均PWV值均在60mm左右,较弱降水过程高10mm左右,无降水天气一般在30~33mm。江苏南北不同区域暴雨PWV值分布存在较大差异,沿江苏南PWV较大时,暴雨落区和PWV高值区对应较好,当全省PWV均较高时,暴雨一般出现在江苏北部地区。

(3)江苏不同区域暴雨形势和水汽特征量配合具有一定共性,也存在一定差异,暴雨区均出现在相对湿度大值区与水汽含量高值重叠区域。苏北



2017年11月

地区暴雨发生在高空槽南下影响时,而沿江苏南地区发生在西南急流增强时。两区域暴雨过程中湿度和大气水汽含量在江淮地区分布型态也存在明显差异,苏北呈东北-西南向,而沿江苏南呈西北-东南向分布。

(4)本文所得结论及研究内容与前人有关水汽研究成果相比,是在前人传统研究基础上深入开展了江苏不同区域暴雨背景下不同水汽特征量的分布特点以及与天气系统位置的配合,获得了GPS监测PWV值与不同天气及不同量级降水的关系。监测实况与天气系统结合分析为现代化监测资料在预报中的应用提供参考。

(5)文中研究主要针对梅汛期降水过程,所得预报指标不适合每个季节,其它时段需进一步分析探讨。在江苏不同区域暴雨过程形势与水汽特征量的分析中,虽选择了一定个例进行统计,但毕竟GPS监测资料较短,其代表性也有待以后更加深入细致的分析验证。

## 参考文献(References):

- [1] 于波,林永辉,陈菊英. 华南地区5月降水的水汽特征分析[J]. 气候与环境, 2014, 19(4): 507-514. [Yu B, Lin Y H, Chen J Y, et al. Vapor source characteristics of precipitation in South China during May[J]. *Climatic and Environmental Research*, 2014, 19(4): 507-514.]
- [2] 杨莲梅,史玉光,汤浩. 新疆春季降水异常的环流和水汽特征[J]. 高原气象, 2010, 29(6): 1464-1473. [Yang L M, Shi Y G, Tang H. Characteristics of atmospheric circulation and water vapor for spring precipitation anomaly in Xinjiang[J]. *Plateau Meteorology*, 2010, 29(6): 1464-1473.]
- [3] 卓嘎,徐祥德,陈联寿. 青藏高原夏季降水的水汽分布特征[J]. 气象科学, 2002, 22(1): 1-8. [Zhuo G, Xu X D, Chen L S. Water feature of summer precipitation on Tibetan Plateau[J]. *Journal of the Meteorological Sciences*, 2002, 22(1): 1-8.]
- [4] 杨莲梅,张云惠,汤浩. 2007年7月新疆三次暴雨过程的水汽特征分析[J]. 高原气象, 2012, 31(4): 963-973. [Yang L M, Zhang Y H, Tang H. Analyses on water vapor characteristics in three heavy rainstorm processes of Xinjiang in July 2007[J]. *Plateau Meteorology*, 2012, 31(4): 963-973.]
- [5] 康志明. 2003年淮河流域持续性大暴雨的水汽输送分析[J]. 气象, 2004, 30(2): 20-24. [Kang Z M. Analysis of moisture transfer associated with sustained heavy rain in 2003 over Jianghuai valley[J]. *Meteorological Monthly*, 2004, 30(2): 20-24.]
- [6] 曹晓岗. “0185”特大暴雨的诊断分析[J]. 气象, 2002, 28(1): 21-25. [Cao X G. Diagnosis of torrential rain on August 5th 2001[J]. *Meteorological Monthly*, 2002, 28(1): 21-25.]
- [7] 蒋翠花,吴新胜,傅云燕,等. 一次特大暴雨水汽输送与中尺度分析[J]. 气象科学, 2011, 31(S1): 51-57. [Jiang C H, Wu X S, Fu Y Y, et al. Vapor transport and meso-scale analyses of an excessively heavy rain[J]. *Journal of the Meteorological Sciences*, 2011, 31(S1): 51-57.]
- [8] 丁一汇,胡国权. 1998年中国大洪水时期的水汽收支研究[J]. 气象学报, 2003, 61(2): 129-145. [Ding Y H, Hu G Q. A study on water vapor budget over China during the 1998 severe flood periods[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2003, 61(2): 129-145.]
- [9] 江志红,梁卓然,刘征宇,等. 2007年淮河流域强降水过程的水汽输送特征分析[J]. 大气科学, 2011, 35(2): 361-372. [Jiang Z H, Liang Z R, Liu Z Y, et al. A diagnostic study of water vapor transport and budget during heavy precipitation over the Huai river basin in 2007[J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2011, 35(2): 361-372.]
- [10] 罗建英,廖胜石,黄归兰,等. 2004年7月广西汛期暴雨过程水汽特征[J]. 气象, 2009, 35(8): 61-69. [Luo J Y, Liao S S, Huang G L, et al. Water vapor analysis of heavy rain events in Guangxi in July 2004[J]. *Meteorological Monthly*, 2009, 35(8): 61-69.]
- [11] 李武阶,李俊,公颖. 2004年梅雨期武汉上空水汽的演变及其与暴雨的关系[J]. 气象, 2007, 33(2): 3-9. [Li W J, Li J, Gong Y. Evolution characteristics of vapor over Wuhan in Meiyu period in 2004 and its relationship with heavy rainfall[J]. *Meteorological Monthly*, 2007, 33(2): 3-9.]
- [12] 苏立娟,达布希拉图,卢士庆,等. 用GPS遥感资料分析大气水汽特征及与降水的关系[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(6): 103-107. [Su L J, Da B X L T, Lu S Q, et al. Analysis on air vapor feature and its relationship with precipitation based on GPS and RS[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(6): 103-107.]
- [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[J]. 应用气象学报, 2005, 16(1): 54-59. [Cao Y C, Fang Z Y, Xia Q. Relationship between GPS precipitable water vapor and precipitation[J]. *Journal of Applied Meteorological Science*, 2005, 16(1): 54-59.]
- [14] 郭洁,李国平,黄文诗,等. 不同类型降雨过程中GPS可降水量的特征分析[J]. 水科学进展, 2009, 20(6): 763-767. [Guo J, Li G P, Huang W S, et al. Characteristics of GPS-retrieved precipitable water vapor in different precipitation types[J]. *Advances in Water Science*, 2009, 20(6): 763-767.]
- [15] 邓佳,李国平. 引入地基GPS可降水量资料对一次西南涡暴雨水汽场的初步分析[J]. 高原气象, 2012, 31(2): 400-407. [Deng J, Li G P. Analysis on the moisture flux of a rainstorm by southwest vortex using precipitable water vapor data of ground-based GPS[J]. *Plateau Meteorology*, 2012, 31(2): 400-407.]



## Moisture characteristics analysis of different weather backgrounds in Plum Flood Season in Jiangsu

LIU Mei, WANG Lei, CHEN Shengjie, WU Haiying

(*Jiangsu Meteorological Observatory, Nanjing 210008, China*)

**Abstract:** By using June and July daily ERA reanalysis data ( $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$ ) from 2010 to 2014, observation data of rainfall at each station and precipitable water vapor (PWV) data from GPS monitoring in Jiangsu from 2010 to 2015, we examine the vapor characteristics in different weather backgrounds of flood seasons by contrastive analysis methods. Results show that vapor characteristic quantities have different functions in different weather backgrounds. Relative humidity is related to rainfall. Specific humidity and PWV can be used to determine the amount of precipitation. The judgement indexes of different rainfall levels correspond to specific humidity and PWV value given in the paper. The average amount of PWV is about 60mm when the storm rain is observed in Plum Flood Season. The value is 10mm higher than that of weak precipitation. In addition, the average amount of PWV is 30-33mm for no-rain weather. Spatial distribution of rainstorm PWV presents obvious difference in different parts of Jiangsu. Heavy rain area is found in the north of Jiangsu when PWV value is high throughout the province. The area with high PWV value is the heavy rain region when PWV value is high only in the south of Jiangsu. The rainstorm area corresponds to the area with high PWV value. Heavy rain is observed in the overlay region of high relative humidity and high moisture. The distribution type of humidity and vapor content in Jiang-Huai region in the process of heavy rain is different in the above two regions. On this basis, the structure diagrams of situation and vapor during storm rain in different parts of Jiangsu are compiled.

**Key words:** Plum Flood Season; different weather situations; moisture characteristics; heavy rain; Jiangsu