刘晶,曾勇,刘雯,等.伊犁河谷和天山北坡暴雨过程水汽特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(3):65-71. doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2017.03.009

伊犁河谷和天山北坡暴雨过程水汽特征分析

刘 晶^{1,2},曾 勇^{1,2},刘 雯^{1,2},杨莲梅^{1,2,*}

(1.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002;2. 中亚大气科学研究中心,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要:选取4次伊犁河谷、天山北坡暴雨天气过程,利用地面逐时降水、常规、NCEP/ NCAR 1°×1°再分析及地基 GPS 遥感的大气水汽总量资料(GPS-PWV),通过合成分析方法得到 暴雨期间大气环流的基本配置,阐明了伊犁河谷、天山北坡地区强降水期间环流形势及水汽输 送的异同,结果表明:(1)强降水过程中暴雨区上空 200 hPa 强辐散气流、500 hPa 槽前正涡度平 流、西南气流利于垂直运动的发展,低层偏西、偏东和偏北气流为暴雨区提供水汽和不稳定能 量,低层辐合、高层辐散,配合地形辐合抬升,上升运动进一步增强,造成强降水发生;(2)深厚的 西西伯利亚低涡低槽系统移速缓慢,停滞时间长,造成强降水前暴雨站增湿时间更长,比较发现 强降水发生前暴雨站 GPS-PWV 均存在 1~3 d 的增湿过程,暴雨期间测站 GPS 出现明显跃变, 峰值可达到气候平均值的 2 倍左右;(3)GPS 大气可降水量的演变与大尺度的水汽输送、聚集有 较好的对应关系,但 GPS 高值区并不代表降水大值区,还应和动力热力等条件综合判断降水的 强弱。

关键词:暴雨;水汽输送;地基 GPS

中图分类号:P458.121.1 文献标识码:B

示识码:B 文章编号:1002-0799(2017)03-0065-07

新疆地处我国西北部,属典型大陆性干旱气候, 其降水不受季风的直接影响,但在"三山夹两盆"的 特殊地形下,每年夏季均会出现不同程度的降水天 气,局部地区往往有暴雨发生,其中伊犁河谷及天山 北坡地区(天山北坡指西起精河、北起克拉玛依,经 奎屯、沙湾、石河子、乌鲁木齐、昌吉至木垒一线)受 天山大地形的影响,是新疆夏季暴雨的频发区,也是 洪水和泥石流的高发区。随着全球显著变暖及水循 环加快,新疆气候由暖干向暖湿转变^[1],暴雨发生的 频次也相应增多。针对暴雨产生的环流背景、形成机 制、多尺度天气系统配置、中尺度活动和水汽条件等 方面国内外已开展了大量的研究^[2-9],给出各类暴雨 主要影响系统、多尺度系统活动特征及演变规律,阐

收稿日期:2017-02-14;修回日期:2017-03-18

明了暴雨的水汽来源、输送特征和聚集机制。另外针 对新疆暴雨天气也有大量的研究成果¹⁰⁻²⁰,利用多 普勒雷达、风廓线雷达、卫星等多元资料,对新疆暴 雨发生的大尺度环流背景、动、热力场及中小尺度活 动特征进行了详细的分析,但大多是针对一次天气 个例分析或从气候角度阐述新疆强降水的时空分布 及气候背景特征,而针对某类特定影响系统(西西伯 利亚低槽、低涡)环流场、水汽输送特征分析研究工 作相对较少,本文选取伊犁河谷和天山北坡 2011— 2016 年 6—8 月 4 次由西西伯利亚低槽(涡)造成的 暴雨天气过程,利用合成分析法,结合地基 GPS 大 气可降水量资料,重点讨论此类暴雨天气过程中的 大尺度环流场、水汽输送和局地水汽精细变化特征 的异同之处。

1 资料选取和方法介绍

本文利用地面气象观测站逐时降水、常规探测、 NCEP/NCAR 1°×1°再分析、地基 GPS 大气可降水量 (GPS-PWV)资料,分别选取 4 次暴雨天气过程中的 6 个暴雨日,应用合成分析和天气动力学诊断方法

基金项目:中国沙漠气象科学研究基金项目(Sqj2016017);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM2016001);国家自然科学基金项目(41565003)共同资助。

作者简介:刘晶(1991-),女,助理研究员,主要从事灾害性天气研究。E-mail:994365768@qq.com

通信作者:杨莲梅(1969-), 女, 研究员, 主要从事灾害性天气研究。 E-mail: yanglm@idm.cn

对这两个地区暴雨期间水汽输送特征进行分析,探 讨发生期间水汽的精细演变特征,为更好地理解此 类暴雨天气提供一定的参考依据。

地基 GPS 遥感大气水汽技术是 20 世纪 90 年 代发展起来的一种大气观测手段,目前,新疆共有 14 个气象观测站可收集、整理和传输本站的 GPS 资 料,已有研究^[21-22]发现大气可降水量和利用 GAMIT 软件处理反演得到 1 h 间隔的 GPS-PWV 间的误差 在 2 mm 内,说明 GPS-PWV 较高的准确性可补充 常规探空资料在时间和空间密度上的不足。

新疆属于干旱、半干旱区域,考虑到该区域降水 特点及相应的灾害记录,本文采用新疆现行的降水业 务标准:24 h 降水量 R,0.1<R≤6.0 mm 为小雨,6.1< R≤12.0 mm 为中雨,12.0<R≤24.0 mm 为大雨, 24.0 mm<R≤48.0 mm 为暴雨,R≥48.1 mm 为大暴雨。

2 降水基本概况和环流场分析

通过对 2011—2016 年 4 次暴雨天气过程中的 6 个暴雨日进行分析(表 1,将国家自动气象观测站 2 站及以上 24 h 降水量≥24.1 mm 且 3 站以上 12.0<24 h 降水量≤24.0 mm 定义为一个暴雨日), 发现 4 个暴雨日的暴雨区主要集中在中天山一带, 达到暴雨的站数 26 个,2 个暴雨日的暴雨区主要集 中在伊犁河谷,达到暴雨标准的站数 13 个。从暴雨 发生频次图上可以看出,伊犁河谷暴雨天气过程中 (图 1 a) 尼勒克站和巩留站发生暴雨频次最高,其 中尼勒克发生大暴雨频次最多(2 次),而天山北坡 地区(图 1 b)天池站和阜康站发生暴雨频次最高, 天池出现大暴雨的频次最多(3 次)。

2.1 伊犁河谷暴雨日环流形势及水汽特征分析

伊犁河谷强降水发生期间 200 hPa 南亚高压呈 "偏西型"分布,中心位于印度半岛北部一青藏高原 上空(图 2a),西西伯利亚地区为东北一西南走向长 波槽,槽底南伸至 35°N,槽前副热带急流控制伊犁 河谷地区,最大风速 45 m/s,高层强烈的辐散抽吸, 利于上升运动的发展,也使得大气的不稳定性增强, 这是伊犁河谷暴雨发生的重要条件。

出现强降水时,500 hPa(图 2b)上伊朗副热带 高压向北发展,与乌拉尔山高压脊同位相叠加,西西 伯利亚地区为稳定低槽系统,槽底南伸至 35°N 附 近,伊犁河谷位于槽前西南气流控制,一方面槽前正 涡度平流增强利于垂直运动的发展,另一方面偏南 气流不断将低纬度地区水汽输送到暴雨区,为强降 水的发生提供水汽输送。相较于中亚低涡系统,低槽

表1 4次暴雨天气过程

	•		•			
序号	暴雨日	暴雨 站数	大暴雨 站数	24 h 最大降雨 量(观测站)/ mm	影响 系统	暴雨集 中区
1	2011-08-26T20— 08-27T20	10	3	84.2 (小渠子)	西西伯利 亚低槽	中天山 一带
2	2015-08-11T08— 08-12T08	7	1	85.5(天池)	西西伯利 亚低槽	中天山 一带
3	2016-06-16T08— 06-17T08	2	1	56.2(尼勒克)	西西伯利 亚低涡	伊犁河 谷
	2016-06-17T08— 06-18T08	7	1	63.3(天池)		中天山 一带
4	2016-07-31T20— 08-01T20	11	5	74.6 (尼勒克)	西西伯利 亚低槽	伊犁河 谷
	2016-08-01T20— 08-02T20	2	0	33.1(天池)		中天山 一带



发生频次(单位:次)

生命史较短,但当低槽曲率加大、强度增强时,自东 向西位势高度梯度增大,有利于槽前偏南气流的增 强,充沛的水汽也将不断向暴雨区上空输送,这是低 槽系统背景下暴雨产生的另一重要原因。由于新疆 远离海洋且周围均为高山,因而无法直接从洋面上 获得大量的水汽,而针对新疆大降水的研究指出,新 疆境内强降水的水汽先在境外集中,并在合适的环 流条件下通过接力输送机制输送至降水区^[13-14]。 从700 hPa水汽通量合成分析图上(图 2c)发现,强 降水期间有一条明显的偏西水汽输送通道,将水汽 经巴尔喀什湖输送至伊犁河谷,另外偏东水汽输送 通道将孟加拉湾水汽经河西走廊向暴雨区上空输 送,两支水汽通道为暴雨区提供充沛的水汽供应,这



图 2 伊犁河谷暴雨期间环流场、水汽通量和水汽通量散度场合成图 (a 为 200 hPa 位势高度场等值线单位: dagpm, 阴影区风速≥30m/s

b 为 500 hPa 位势高度场和风场(矢量,单位:m/s);c 为 700 hPa 水汽通量矢量场(矢量,单位:g/(cm·hPa·s),阴影区水 汽通量≥2×10⁻⁵ g/(cm·hPa·s);d 为 850 hPa 水汽通量散度场,阴影区水汽通量散度≤-0.5×10⁻⁷ g/(cm²·hPa·s))

与已有的研究结论^{[13-14}较一致。从水汽通量散度场 上(图 2d)可以看出,强降水期间 850 hPa 伊犁河 谷存在明显的水汽通量辐合大值区,辐合中心 -4×10⁻⁷ g/(cm²·hPa·s),大量水汽在伊犁河谷地区辐 合,上升运动得以发展,造成河谷多站出现暴雨。

2.2 天山北坡暴雨日环流形势及水汽特征分析

与伊犁河谷暴雨期间 200 hPa 环流形势相似的 是(图 3a),南亚高压仍稳定维持,长波槽底南伸至 35°N,值得注意的是槽前副热带急流范围有所扩 大,天山北坡恰位于高空急流出口区的右侧,高层强 烈的辐散抽吸是垂直运动发展、强降水发生的重要 因素之一。

500 hPa 天山北坡上空风速明显增强,且逐渐 由偏南气流转为西南气流,暴雨区上空除了有低纬 度地区水汽的输送外,还有偏西路径水汽的补充(图 3b)。从 700 hPa 水汽通量合成分析图上(图 3c)发 现,西北水汽输送通道仍然活跃,且与偏东水汽在天 山北坡汇集,为暴雨区上空提供了源源不断的水汽 供应,且强降水期间(图 3d)850 hPa 水汽逐渐在天 山北坡聚集, 辐合中心-3×10⁻⁷ g·cm⁻²·(hPa·s)⁻¹,强 烈的水汽辐合配合地形的抬升导致天山北坡出现暴 雨。

高空辐散气流分别位于伊犁河谷、天山北坡上 空,另外强降水期间对流层中低层均存在偏西和偏 东气流,一方面在地形的辐合抬升下,使得上升气流 增强,另一方面为暴雨区提供源源不断的水汽输送, 总之,从高层到低层大尺度天气系统的环流配置都 有利于上述地区暴雨天气的发生。

2.3 暴雨区天气模型概况图

通过上述分析给出伊犁河谷和天山北坡暴雨发 生期间天气模型图(图 4),200 hPa 南亚高压稳定维 持,长波槽加深,高空急流提供强烈的辐散场利于垂 直运动的发展;500 hPa 中纬度乌拉尔山高压脊和 贝加尔湖高压脊稳定少动,西西伯利亚低槽向南加 深,移动缓慢,槽前正涡度平流增强利于上升运动进 一步加强;700 hPa 偏西、偏东气流和 850 hPa 偏北 气流在暴雨区辐合,一方面加强了水汽的输送,另一 方面增加了大气层结不稳定性,有利于局地对流发 展和上升运动的增强,配合地形的辐合抬升易造成 暴雨区强降水。



图 3 伊犁河谷暴雨期间环流场、水汽通量和水汽通量散度场合成图 (a为200 hPa位势高度场,等值线单位为 dagpm,阴影区风速≥30m/s;b为500 hPa位势高度场和风场(单位:m/s); c为700 hPa水汽通量矢量场(矢量,单位:g/(cm·hPa·s),阴影区水汽通量≥2×10⁻⁵ g/(cm·hPa·s);d为850 hPa水汽通量 散度场,阴影区水汽通量散度≤-0.5×10⁻⁷ g/(cm²·hPa·s))



图 4 伊犁河谷和中天山地区暴雨流型配置

3 2016 年 6 月 16 日和 2016 年 7 月 31 日暴雨站 GPS-PWV 分析

从第二节可以得到伊犁河谷、天山北坡暴雨发 生期间大尺度环流和水汽输送、聚集的一些共性,为 了更好地理解暴雨天气过程中水汽演变的特性,选 取 2016 年 6 月 16 日和 2016 年 7 月 31 日两次典型 的低涡和低槽天气过程,通过分析伊犁河谷和中天山地区的 GPS 观测站大气可降水量的演变特征,探讨暴雨站发生时 GPS 大气可降水量的异同,为今后理解此类天气过程水汽变化情况提供一定的参考。

3.1 伊犁河谷暴雨站 GPS-PWV 时间演变 伊犁河谷 2016 年 6 月、7 月分别出现了一次强 降水天气过程,影响系统分别为西西伯利亚低涡和 西西伯利亚低槽,同样是深厚低值系统,暴雨站的 GPS-PWV 变化略有不同。2016 年 6 月 16—18 日 (图 5a)伊宁站出现暴雨,降水发生前(16 日 08:00— 17 日 00:00,北京时,下同)测站 GPS-PWV 处于高 值(30 mm)附近,这与西西伯利亚低涡稳定少动,涡 前西南气流较早开始影响伊犁河谷地区有关。17 日 00:00 开始,伊宁站 GPS-PWV 出现了一次迅速剧 烈的增长,GPS-PWV 值由 38 mm 增至 42 mm,增幅 达 2 mm/h,GPS-PWV 峰值达到气候平均值的 1.9 倍,4 h 后伊宁站开始出现强降水,降水持续 8 h,降 水结束后,伊宁站 GPS-PWV 并未下降至平均值附 近,这与降水后近地面湿度较大有关,因而不能仅根 据水汽条件判断降水的开始和结束,还应参考动力、 热力等条件。

从图 5b 可以看出受西西伯利亚低槽影响,伊宁 站在强降水发生前 GPS-PWV 始终维持在气候平均 值(24 mm)附近,31 日 08:00—15:00,受低槽前部 强西南气流影响,伊宁站 GPS-PWV 由 24.9 mm 增 至 36.4 mm,出现一次持续快速增长过程,1 h 后伊 宁站开始出现强降水,降水持续了 23 h,在此期间 伊宁站 GPS 一直维持在较高值(28 mm~38.1 mm), 其峰值(38.1 mm)达到气候平均值的 2 倍左右。8 月 1 日 15:00 后,伊宁站 GPS-PWV 迅速下降至气候 平均值附近,地面降水结束。由此可以看出伊宁站的 GPS-PWV 值的演变趋势与大尺度的水汽输送及环 流形势有较好的对应关系。

以上分析说明伊犁河谷 GPS 测站的 GPS-PWV 在强降水期间发生的跃变与低值系统的位置存在一 定的对应关系,受低槽(涡)前西南气流影响,伊犁河 谷测站 GPS 大气可降水量在强降水期间出现明显 的跃变,但低涡系统在暴雨区上游和上空停滞时间 较低槽系统更长,因而对应降水前 GPS-PWV 较气 候平均值偏高,增湿时间更长。

3.2 中天山暴雨站 GPS-PWV 时间演变

由于天池站 6 月 16—19 日 GPS 大气可降水量 资料缺测,因而用乌鲁木齐站 GPS-PWV 演变代表 本次西西伯利亚低涡造成的中天山暴雨水汽大致演 变趋势。

从图 6a 可以看出,和伊宁站相似的是,受西西 伯利亚低涡影响,乌鲁木齐强降水发生前 GPS-PWV 也存在 2 d 的增湿过程,且 GPS-PWV 处于 25 mm 附近,较历史平均值偏高 5 mm 左右。16 日 20:00— 17 日 18:00,乌鲁木齐站 GPS-PWV 出现了一次持 续增长,GPS-PWV 由 27 mm 增至 37 mm,峰值达气 候平均值的 1.9 倍,1 h 后乌鲁木齐站出现强降水。 而在低槽影响下的强降水过程中,测站强降水发生 前 GPS-PWV 增湿时间明显比低涡系统增湿时间短 (图 6b),8 月 1 日 11:00—19:00,天池出现一次持 续的增湿过程,持续增湿时间 7 h,GPS—PWV 由 23 mm 增至 28 mm,增加 5 mm,随后在动力抬升 下,天池站强降水开始,降水持续 14 h,累积降水量





图 6 强降水期间乌鲁木齐站(a)天池站(b) GPS-PWV 与降水量的逐时演变曲线

46 mm,达到暴雨标准。

综合分析发现,深厚低涡由于移速缓慢,停滞时间较低槽系统长,因而造成暴雨站强降水前增湿时间长。GPS 大气可降水量的演变与天气尺度系统的位置和大尺度的水汽输送、聚集有较好的对应关系,但 GPS 高值区并不代表降水大值区,还应和动力热力等条件综合判断降水的强弱。

4 结论与讨论

通过对天山北坡暴雨期间大尺度环流、水汽输送和暴雨站 GPS 演变特征的分析,明确了深厚低槽(涡)系统造成的暴雨水汽输送路径,并得到以下结论:

(1)降水期间,暴雨区 200 hPa 南亚高压稳定维持,长波槽加深,高空急流提供强烈的辐散场有利于 垂直运动的发展;500 hPa 中纬度乌拉尔山高压脊 和贝加尔湖高压脊稳定少动,西西伯利亚低槽向南 加深,移动缓慢,槽前正涡度平流增强利于上升运动 进一步加强;700 hPa 偏西、偏东气流和 850hPa 偏 北气流在暴雨区汇合,一方面加强了水汽的输送,另 一方面增加了大气层结不稳定性,配合地形辐合和 抬升,有利于局地对流发展和上升运动的增强,造成 暴雨区强降水。

(2)深厚西西伯利亚低涡相较于低槽系统,其移 速缓慢,停滞时间较低槽系统长,因而造成强降水前 暴雨站增湿时间长。比较发现伊犁河谷和天山北坡 强降水发生前 GPS-PWV 均存在 1~3 d 的增湿过 程,且暴雨发生期间测站 GPS 出现明显的跃变,峰 值可达到气候平均值的 2 倍左右。

(3)GPS 大气可降水量的演变与大尺度的水汽 输送、聚集有较好的对应关系,但 GPS 高值区并不 代表降水大值区,还应和动力热力等条件综合判断 降水的强弱。

以上研究给出了深厚低槽(涡)系统造成的天山 北坡暴雨环流形势特征、水汽输送路径以及两者在 降水前水汽输送、聚集的异同,但强降水的发生不仅 与水汽有关。在今后的工作中还应关注暴雨的触发、 水汽辐合机制等问题,从而更好地理解此类暴雨的 发生、发展机制,使该地区夏季低槽(涡)背景下暴雨 定时、定量预报能够得到实质性的进展。

参考文献:

- [1] 施雅风,沈永平,胡汝骥.西北气候由暖干向暖湿转型的 特征和趋势探讨[J].第四记研究,2003,23(2):152-164.
- [2] Corfidi S F, Merritt J H, Fritsch J M. Predicting the movement of mesoscale convective complexes [J].Weather

and Forecasting, 1996, 11: 41-46.

- [3] 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): 400-408.
- [4] 唐浩鹏,王芬.2014 年 7 月 13~17 日贵州持续性暴雨的 分析[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(6):41-49.
- [5] 舒斯, 韩芳蓉.2013 年初夏湖北两次低涡暴雨对比分析 [J].沙漠与绿洲气象,2016,10(4):59-66.
- [6] 王芬,唐浩鹏,等.黔西南一次低涡切变型暴雨的中尺度 分析[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(5):41-46.
- [7] 孙继松,何娜,王国荣,等."7.21"北京大暴雨系统的结构 演变特征及成因初探[J].暴雨灾害,2012,31(3):218-225.
- [8] 钟水新,王东海,张人禾,等.一次冷涡发展阶段大暴雨过程的中尺度对流系统研究 [J]. 高原气象,2013,32(2):
 435-445.
- [9] 赵玉春, 王叶红.高原涡诱生西南涡特大暴雨成因的个例 研究[J].高原气象, 2010, 29(4): 819-831.
- [10] 陈春艳,孔期,李如琦.天山北坡一次特大暴雨过程诊断 分析[J].气象,2012,38(1):72-80.
- [11] 彭军,周雪英,赵威,等.新疆巴州"6.4"罕见大暴雨中尺 度特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(1):68-75.
- [12] 陈春艳.2012 年 3 月新疆大范围暴雨雪天气诊断分析 [J].沙漠与绿洲气象,2014,8(2):12-18.
- [13] 徐羹慧."96.7"新疆特大暴雨洪水预报服务技术研究的 综述与启示[J].新疆气象,1997,20(1):1-4.
- [14] 肖开提·多莱特,汤浩,李霞,等."96·7"新疆特大暴雨的 水汽条件研究[J].新疆气象,1997,20(1):8-11.
- [15] 张继东.南疆盆地温宿"6.17"大暴雨多普勒雷达特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(5):10-16.
- [16] 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.
- [17] 庄晓翠,李健丽,李博渊,等.北疆北部2次区域性暴雨的中尺度环境场分析[J].沙漠与绿洲气象,2014,8(6):
 23-30.
- [18] 张俊兰,魏荣庆,杨柳.2013 年南疆 2 场罕见暴雨落区
 和强度的对比分析[J].沙漠与绿洲气象,2014,8(5):1-9.
- [19] 张家宝. 新疆短期天气预报指导手册[M].乌鲁木齐:新 疆人民出版社,1986.
- [20] 张家宝,邓子风.新疆降水概论[M]北京:气象出版社, 1987.
- [21] 赵玲,梁宏,崔彩霞.乌鲁木齐地基 GPS 数据的解算和 应用[J].干旱区研究,2006,23(4):654-657.
- [22] 赵玲,安沙舟,杨莲梅,等.1976—2007年乌鲁木齐可降水量及其降水转换率[J].干旱区研究,2010,27(3):433-437.

Analysis of Water Vapor Characteristics during the Rainstorm Process at the IIi River Valley and North Slope of Tianshan Mountains

LIU Jing^{1,2}, ZENG Yong^{1,2}, LIU Wen^{1,2}, YANG Lianmei^{1,2}

(1.Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China; 2.Center for Central Asia Atmosphere Science Research, Urumqi 830002, China)

Abstract Based on ground hourly rainfall, conventional observations, $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ NCEP/NCAR reanalysis and ground - based GPS atmospheric precipitation data, the basic configuration of atmospheric circulation and the differences and similarities in water vapor transmission characteristics among them for four heavy rain process in the Ili river valley and the north slope of Tianshan Mountains were analyzed through synthetic analysis method in this study. It is showed that: (1)200 hPa strong divergence airflow, 500 hPa positive vorticity advection and southwest airflow were in favor of vertical movement development, and 700 hPa west and east airflow which provided the water vapor and instability energy, were over the rainstorm area during the heavy rainfall period, low -level convergence and high -level divergence facilitated vertical movement further strengthen which was conducive to the rainstorm occurrence; (2) compared to the low trough system, the humidifying time of GPS was longer before the heavy rainfall occurred caused by the deep west of Siberian vortex, due to its slowly moving speed and the longer stagnation time. the stations' GPS PWV had 1-3 days humidifying process before the rainstorm occurred, appeared obvious jump during the period of precipitation, and the peak of GPS-PWV could achieve 2 times to climate average; (3) The evolution of GPS had good corresponding relation with the large-scale water vapor transport, but the GPS high value area was not representative the precipitation area of greater value, also with the dynamic and thermodynamic condition to comprehensive judge the strength of rainstorm.

Key words heavy rain; water vapor transmission; ground-based GPS