

地基 GPS 水汽资料在石家庄一次暴雨过程中的应用

李国翠¹, 李国平^{2,3}, 连志鸢¹, 仝美然⁴, 岳艳霞¹

(1. 石家庄市气象局, 石家庄 050081; 2. 成都信息工程学院高原大气与环境研究中心, 成都 610225;
3. 成都区域气象中心, 成都 610071; 4. 河北省气象台, 石家庄 050021)

摘要: 利用石家庄市地基 GPS 可降水量和逐时高时间分辨率地面气象资料, 对 2006 年 8 月 14 日发生在石家庄地区的一次暴雨天气过程进行了分析。结果表明: 此次暴雨发生前高能高湿, 可降水量有一个缓慢积累过程; 暴雨期间可降水量达最大, 且可降水量极大值出现时间与降水强度吻合; 降水结束后可降水量迅速下降。

关键词: 地基 GPS; 可降水量; 暴雨; 能量

中图分类号: P458.1⁺21.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2007)03-0050-04

引言

水汽及其变化是天气和气候的主要驱动力, 是预测降雨、中尺度恶劣天气以及全球气候变化的一个非常重要的物理量。但水汽的分布极不均匀、时空变化很大, 水汽含量的多少既决定空气能否达到饱和状态, 也与降水量的大小直接有关。目前探测大气水汽的常规探测手段主要为无线电探空, 一般每天仅进行早晚 2 次探测, 时间分辨率低, 难以反映出大气中水汽的连续变化。GPS 水汽遥感作为新一代大气探测技术, 可以全天候观测而不受气溶胶、云和降水的影响, 且时间分辨率高, 可获得半小时甚至几分钟的高时间分辨率水汽资料, 因此对监测、分析剧变天气过程尤显重要。

在 GPS 可降水量资料对天气的应用分析方面, 国内不少地区已有不少的研究^[1-4]。本文利用石家庄地基 GPS 反演的可降水量资料, 对 2006 年 8 月 14 日发生在石家庄地区的一次暴雨天气过程进行了分析, 探寻可降水量与实际降水的对应关系, 以期对暴雨天气的短时临近预报提供参考。

1 地基 GPS 遥感大气可降水量的基本原理

GPS 卫星发射的无线电波信号在穿过大气层时, 受到电离层电子和平流层、对流层大气的折射, 造成信号的延迟, 即天顶总延迟 = 电离层延迟 + 大气干延迟 (ZHD) + 湿延迟 (ZWD)。它具有以下特点:

① 电离层延迟是频散的, 且与频率平方成反比, 与电子密度成正比, 因此可以通过 GPS 卫星发射频率和电离层频散关系来确定, 也可用双频 GPS 接收机加以消除。

② 大气干延迟 (又称静力延迟) 可以根据所谓静力学延迟公式 (与 GPS 接收机所在地面的本站气压及纬度、高度的统计关系) 求出。

③ 从大气总延迟中扣除以上两项后, 就得到了水汽湿延迟。

④ 大气可降水量 (PWV) 定义为单位面积上空所有水汽凝结成液态水时的等效水柱高度。湿延迟与可降水量关系式为 $PWV = \Pi ZWD$, 其中 Π 为湿延迟与可降水量的转换系数。

基于上述原理, 河北省气象台信息网络中心利

收稿日期: 2007-03-22; 修订日期: 2007-07-20

基金项目: 中国气象局成都区域气象中心区域重大科研业务项目 (2007-11); 中国气象局“京津冀地区地基 GPS 大气水汽观测资料应用研究”项目资助

作者简介: 李国翠 (1972-), 女, 河北行唐人, 工程师, 硕士, 主要从事天气预报及 GPS 水汽研究工作. E-mail: liguocui@sina.com

用 GPS 导航文件、观测文件以及每小时地面气温、气压和湿度等气象资料,通过 GAMIT 软件对原始数据进行解算,从而反演出气象业务可直接应用的可降水量资料。

2 过程降水实况及能量场分析

2.1 过程降水实况

2006 年 8 月 13 日傍晚至 14 日夜間,受冷空气与副高外围的暖湿空气共同影响,石家庄地区出现了本年度最强的一次暴雨过程(简称“8·14”暴雨)。从降水出现时间和强度来看,这次暴雨过程的强降水时段分别出现在 13 日傍晚到夜间和 14 日下午到夜间,14 日上午降雨出现间歇。整个过程降雨量(图 1)普遍在 30 mm 以上,17 个气象观测站中有 13 个站的降雨量超过 50 mm,其中高邑、赵县超过 100 mm,最大雨量达 159.9 mm(高邑)。

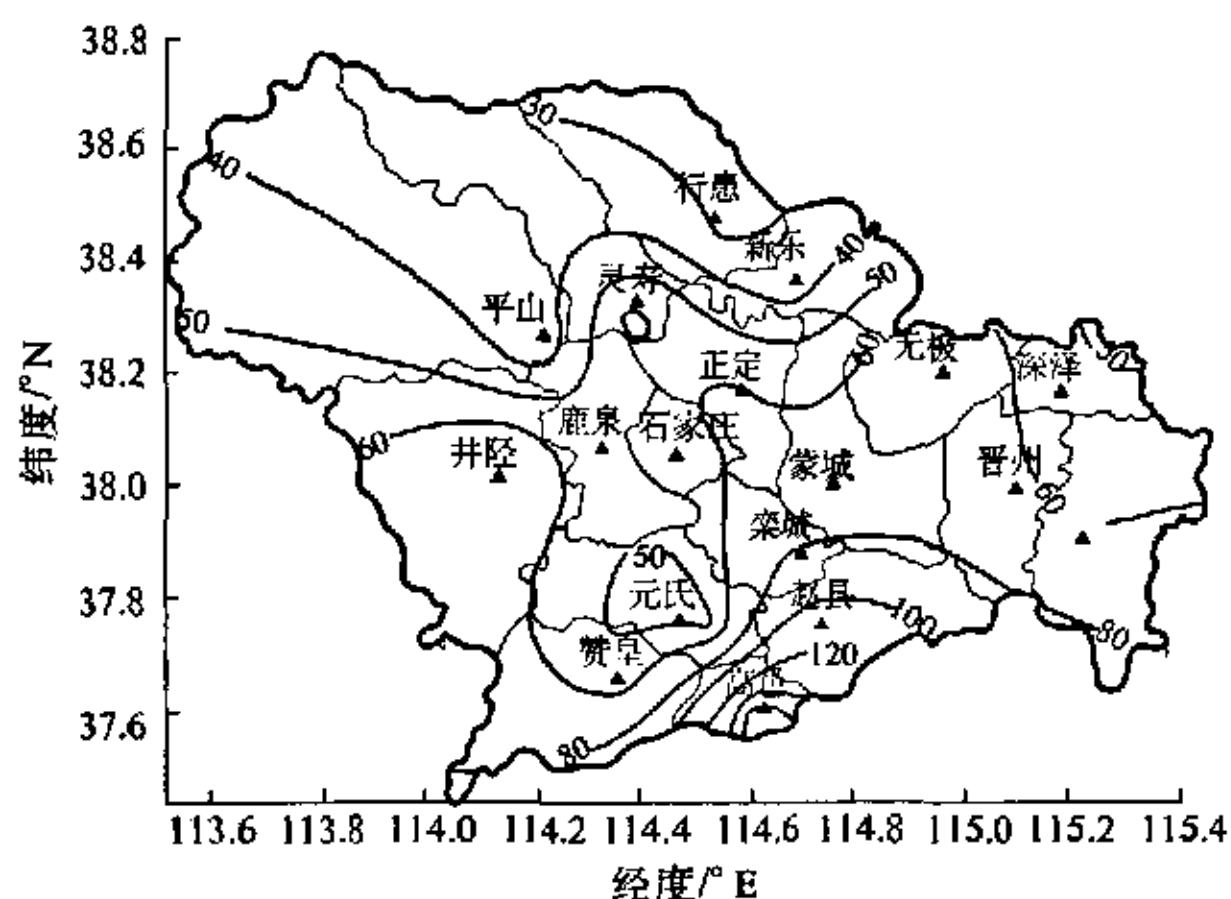


图 1 2006 年 8 月 14 日河北暴雨过程雨量分布
单位: mm

2.2 能量场分析

θ_{se} 是表征大气温度、压力、湿度的综合特征量。 θ_{se} 的分布反映了大气中能量的分布, θ_{se} 场的高值区为高能区^[5]。为分析这次暴雨过程前后能量的变化,

利用地面自动站资料计算得到相应站点的 θ_{se} , 进而得出 2006 年 8 月 12—15 日石家庄站地面 θ_{se} 演变曲线(图 2)。

由图 2 可明显看出,地面 θ_{se} 在 12—13 日白天始终保持在 353 K 以上,12 日和 13 日的极大值分别为 367.5 K(12 日 17 时)和 365.7 K(13 日 12 时),说明暴雨之前已经积蓄了很高能量。在 13 日 15—21 时和 14 日 15—21 时, θ_{se} 表现出逐渐下降的趋势,这与第一阶段和第二阶段的降水相对应;而在两次降水间隙, θ_{se} 出现小幅度回升,14 日 11 时为 346.2 K。



图 2 2006 年 8 月 12—15 日石家庄站地面 θ_{se} 演变曲线

3 基于地基 GPS 的可降水量资料的暴雨过程分析

3.1 逐日变化

从 2006 年 8 月 GPS 反演的可降水量及降水实况的逐日演变图(图 3)可见:8 月 10 日,可降水量由 8 日的 37.4 mm 突升到 58.0 mm,之后在 11—12 日出现小幅度下降;13—14 日,可降水量再次出现逐渐上升趋势,14 日达到 8 月份的最大值(60.1 mm),同时对应着日最大降水量(52.1 mm),8 月 14 日前后可降水量出现先缓升后突降的变化特点;降水过程结束之后,15—16 日,可降水量陡降,15 日降至 41.6 mm,低于 8 月份平均值(44.5 mm),到 16 日更降至 34.2 mm。

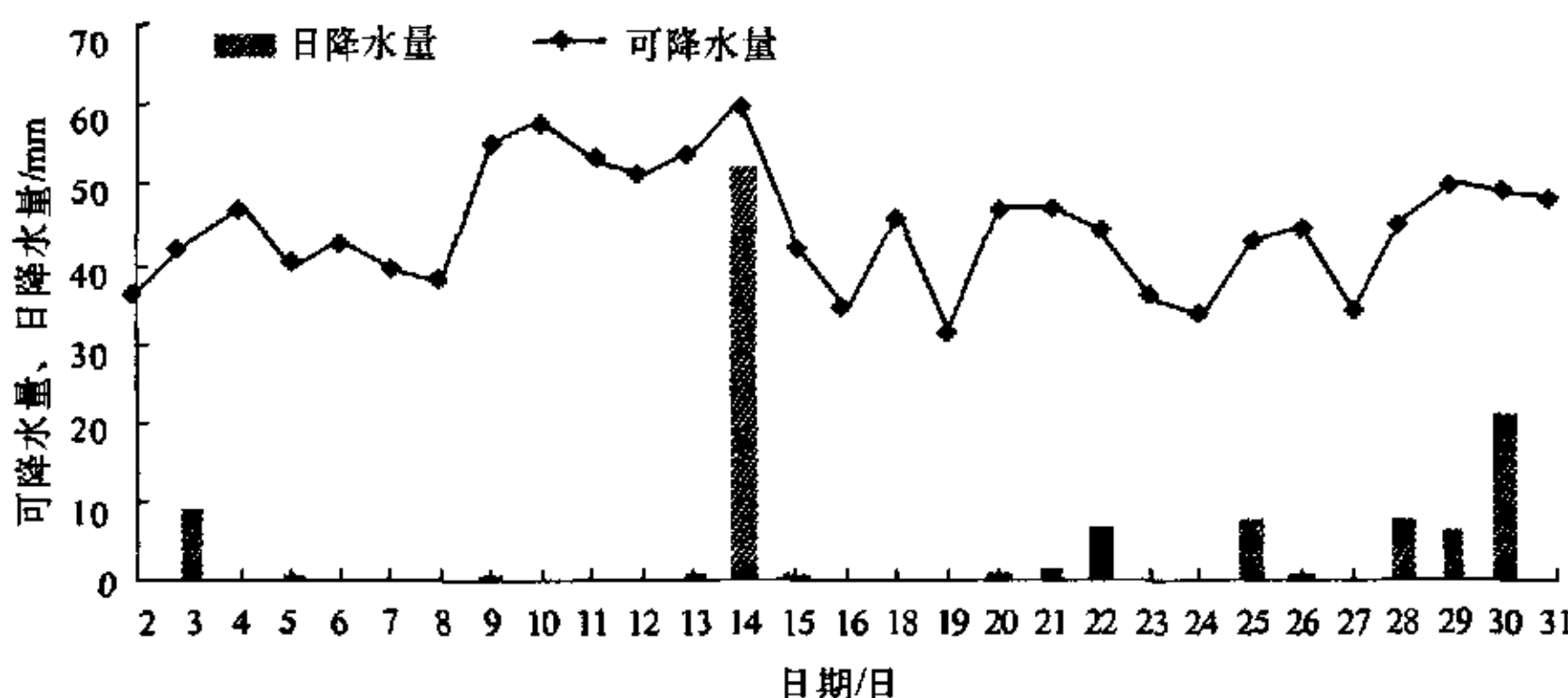


图 3 2006 年 8 月 GPS 反演的石家庄站可降水量与降水实况的逐日演变

3.2 阶段变化

表1给出了2006年8月13—14日石家庄站降水时段、性质,以及降水和可降水量对应阶段的极值大小和出现时间。

图4为13—15日逐时可降水量和对应的1 h降水实况演变情况。

为更好地对照分析可降水量与降水的逐时变化特点,分别从暴雨发生前、中、后几个时段加以分析。

表1 2006年8月13—14日石家庄站降水实况和可降水量的阶段分布特点

降水阶段	性质	降水实况			可降水量		
		过程降水量/mm	小时极大值/mm	极值出现时间/时	范围/mm	极大值/mm	出现时间/时
13日16:21—16:35	阵雨	0.0	/	/	58.5	/	/
13日18:36—18:49	阵雨	0.0	/	/	59.4	/	/
13日19:21—23:29	雷阵雨	20.4	17.8	20—21	58.4—63.7	63.7	20—21
14日13:41—21:58	雷阵雨	31.9	15.2	14—15	58.5—64.6	64.6	14—15

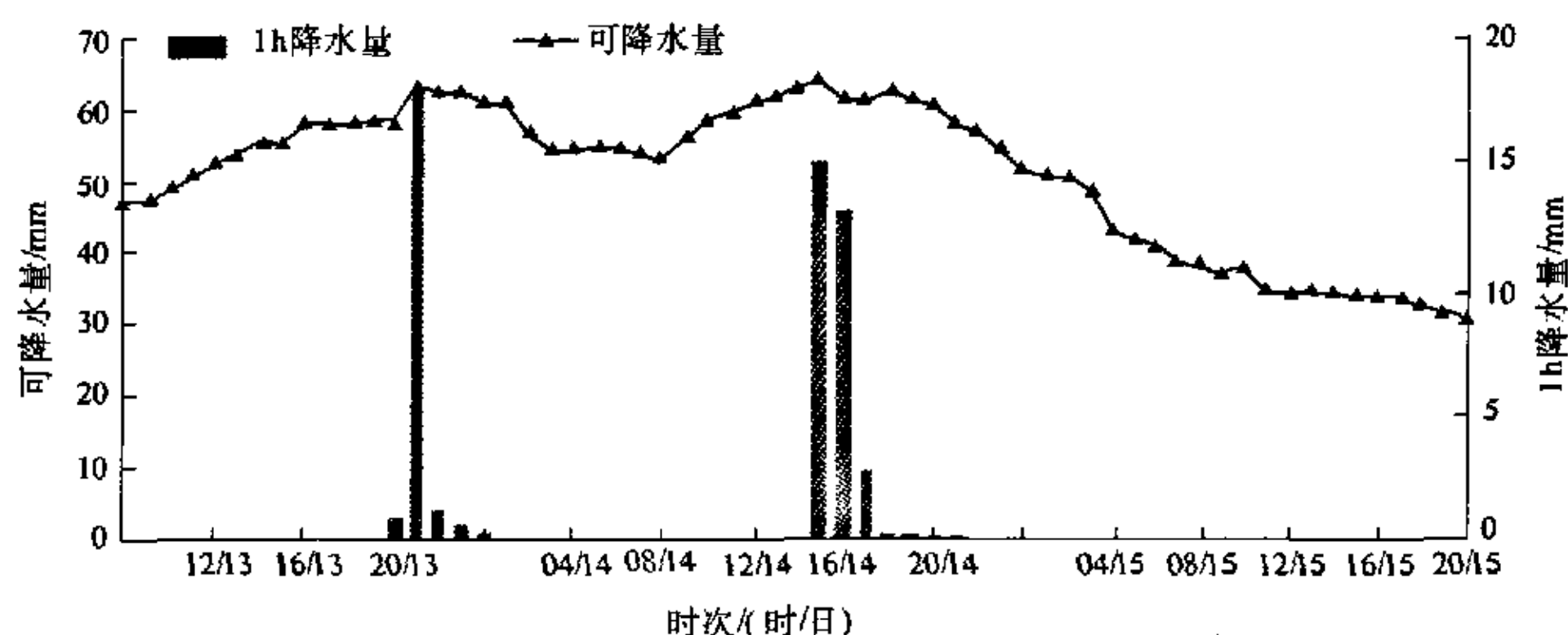


图4 2006年8月13—15日石家庄站逐时可降水量和降水实况的对应关系

暴雨过程之前:13日白天的可降水量始终维持在47 mm之上,平均值达54.1 mm,高于月均水平(44.5 mm),并伴有缓慢的上升趋势。

降水第一阶段:13日16—19时,可降水量缓慢上升到58 mm以上,16:21—16:35和18:36—18:49天空开始出现零星阵雨;到20—21时可降水量逐时演变曲线出现第一峰值63.7 mm,与19:21—23:29的第一阶段降水正好对应,且1 h降水量极大值(17.8 mm)出现在20—21时。

两次降水间隙:13日后半夜到14日上午,降水出现间歇,天空云量较多。可降水量从14日02—08时持续维持在58 mm以下,并呈缓慢下降趋势。

降水第二阶段:14日08时之后,可降水量又逐渐回升,14—15时前后可降水量逐时演变曲线出现第二峰值(64.6 mm)。与此对应的是,降水第二阶段出现在13:41—21:58,且1 h降水量极大值(15.2 mm)也刚好出现在14—15时。

降水过程之后:14日22时之后,过程降水结束,对应的可降水量出现逐渐下降趋势,到15日03时,可降水量已降到50 mm以下,07时已降到40 mm以下。

4 结 论

通过对2006年8月14日发生在石家庄地区的一次暴雨过程中可降水量与降水实况的对比以及能量场的分析,可初步得出以下几点结论:

①暴雨出现前,地面高温、高湿, θ_w 始终保持高值,说明“8·14”暴雨发生前有一次能量的积累过程。

②无论从降水强度,还是GPS反演的可降水量的时间演变来看,“8·14”暴雨过程主要分两个阶段,且降水实况极值与可降水量极值出现时间一致。

③“8·14”暴雨过程中,可降水量在暴雨发生前缓慢上升;在暴雨发生时维持较高水平,且1 h降水强度的极大值对应可降水量的峰值;降水结束后,可降水量陡降。

④地基GPS可降水量反映了某时刻测站上空天顶方向气柱中的水汽总量。实际情况下,降水不仅与铅直气柱中的水汽含量有关,还决定于水汽输送与辐合等动力条件。由于本文基于石家庄单站地基GPS资料,对水汽的分析有一定的局限性,所以得出的结论还需通过更多的暴雨个例加以验证。

参考文献

- [1] 刘旭春,王艳秋,张正禄. 利用 GPS 技术遥感哈尔滨地区大气可降水量的分析[J]. 测绘通报, 2006, 14(4): 10 - 16.
- [2] 姚建群,丁金才,王坚捍,等. 用 GPS 可降水量资料对一次大暴雨过程的分析[J]. 气象, 2005, 31(4): 48 - 52.
- [3] 李国平,黄丁发. GPS 遥感区域大气水汽总量研究回顾与展望[J]. 气象科技, 2004, 32(4): 201 - 205.
- [4] 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[J]. 大气科学, 2003, 27(2): 236 - 243.
- [5] 邹惠峰,高坤. 一次低涡东移机制的分析[J]. 浙江大学学报:理学版, 2002, 29(6): 707 - 711.

Application Ground - Based GPS Data During a Heavy Rainfall in Shijiazhuang Area

Li Guocui¹, Li Guoping^{2,3}, Lian Zhiluan¹, Tong Meiran⁴, Yue Yanxia¹

(1. Shijiazhuang Meteorological Bureau, Shijiazhuang 050081, China;

2. Center for Plateau Atmospheric and Environment Research of Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

3. Chengdu Regional Meteorological Center, Chengdu 610071, China;

4. Hebei Provincial Meteorological Observatory, 050021, China)

Abstract: The heavy rainfall of August 14, 2006 is analyzed on the basis of hourly GPS/PWV and the surface data in Shijiazhuang. The result shows the atmosphere has provided with high energy and humidity and precipitable water vapor accumulates slowly before the rainfall. The precipitable water vapor increases to the maximum value during the rainfall, and its emergence time coincides exactly with the precipitation intensification maximum. The precipitable water vapor falls rapidly after the rainfall.

Key words: ground - based GPS; precipitation water vapor (PWV); heavy rainfall; energy