

一次大暴雨过程低空急流脉动与 强降水关系分析

曹春燕 江 峯 孙向明

(广东省深圳市气象局, 518001)

提 要: 应用香港天文台提供的时空分辨率都非常高的风廓线雷达资料对深圳2005年8月19—20日大暴雨过程强降雨时段进行了详细分析。结果表明, 风廓线雷达资料每小时风场揭示每次强降雨的发生都对应一次西南急流的迅速加强和向下扩展。低空急流指数 I 可以说明低空急流的脉动向地面扩展程度与中小尺度降水的密切关系, 对强降雨的出现及雨强大小有一定的预示性。

关键词: 大暴雨 风廓线 低空急流脉动

Relationship between Low Altitude Jet Stream and Heavy Precipitation in a Heavy Rainfall Event

Cao Chunyan Jiang Yin Sun Xiangming

(Shenzhen Meteorological Office, Guangdong Province, 518001)

Abstract: By analyzing high spatial and temporal resolution data of wind profile radar provided by Hong Kong Observatory, a thorough study of the heavy rainfall from 19 to 20 August 2005 in Shenzhen is conducted. It is proved that the hourly wind field derived from wind profile radar data could reveal the correspondence between the occurring of every heavy rain and the rapid strengthening and downward expanding of the southwest jet stream. The low-level jet stream index I illustrates a close relation between the extent of downward expanding of low-level jet stream and the meso-micro scale precipitation. This index is therefore significant for forecasting magnitude and intense of heavy precipitation.

Key Words: heavy rainfall wind profile low-level jet stream

引言

目前,人们对中小尺度天气系统的发生、发展的机理了解不多,只能依靠加强监测的手段来认识它。周秀骥等在华南暴雨科学试验研究中指出,低空的西南风或南风急流是华南暴雨产生的一个决定性因素。它是向暴雨区输送水汽、热量和不稳定能量的快速输送带,所以在暴雨的预报中,特别在暴雨的落区预报中是一个重要因子^[1]。陆汉城对暴雨的研究表明^[2],华南大暴雨发生时常伴有对流层下部低空急流的加强,而低空急流轴上的中小尺度的脉动与强降水过程有密切关系。由于常规观测手段难以得到空间和时间非常详细的资料,所以长期以来对中小尺度低空急流脉动的认识仍很不够。而风廓线雷达利用多普勒效应可以连续地测得测站上空每几分钟几十米层距的高分辨率的垂直风廓线资料^[3],时空分辨率都非常高,为暴雨研究提供了宝贵的中尺度信息,为研究低空急流的中小尺度的脉动与降水的关系提供了可能。刘淑媛等曾利用香港风廓线资料详细地考察了香港暴雨过程与低空急流脉动的关系^[4],指出风廓线对强降水的出现有一定的预示性。深圳与香港相邻,并准备引进风廓线雷达。本文利用香港风廓线雷达资料分析深圳地区大暴雨与低空急流脉动的关系,旨在为以后使用深圳地区的风廓线雷达资料提供一些参考。

1 雨情概况

受南海季风低槽影响,深圳市2005年8月19—20日出现强降水过程,深圳市气象台于19日和20日记录到的雨量分别为50.7mm和240.0mm。据深圳市自动站20日降水量分布图显示(图略),20日深圳市

普降100mm以上的大暴雨,其中有20个自动气象站雨量大于200mm,5个自动站雨量达250mm以上,最强的降水中心在深圳龙华,24h累计降水量达303mm。这场降水的特点是雨强大,市区几个自动站观测到的最大雨强达 $40\sim 50\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。而且这场降水持续时间很长,造成多处边坡地带滑坡,30个街道出现水浸,低洼地段严重积水,影响交通;深圳水库由于超过防汛水位,被迫泄洪。

2 天气背景分析

暴雨的形成,总是在有利的大尺度环流背景下出现,因为有利的环流形势为强降水提供了必要的水汽条件和垂直运动条件。

8月15—19日08时(北京时,下同)的500hPa平均高度场显示(图略),欧亚中高纬地区为两槽一脊。副热带高压脊线位于 15°N 附近,西脊点位于 140°E ,来自印度洋的西南暖湿气流北上与冷空气交汇于华南地区,使得这一带地区十分有利于强降水的产生。图1为2005年8月15—19日08:00 850hPa平均风场。由图1可见,低层出

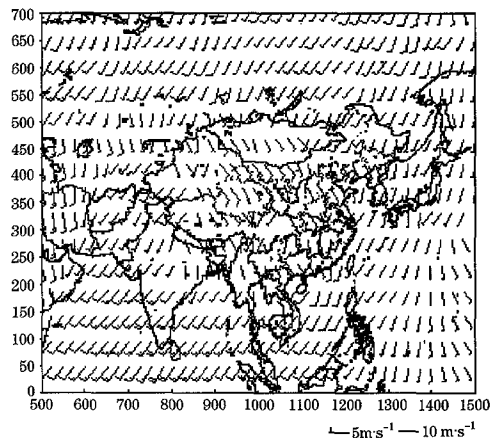


图1 2005年8月15—19日08时850hPa平均风场

现强盛的越赤道气流,经中南半岛吹向南海和海南南部地区,持续在南海北部和华南南部形成一条强盛的低空西南急流,给海南南部暴雨提供了丰富的水汽和不稳定能量。

3 资料说明

本文使用的风廓线雷达资料来源于香港天文台 Sham Shui Po 风廓线仪。它的时间分辨率为 10 分钟,空间分辨率为 202m,垂直方向有 45 层,最高达到 9223m。由于本文主要讨论低空急流的中小尺度的脉动,因此使用资料的最大高度取为 6000m。

4 低空急流演变与降水强度的关系

4.1 风廓线分析

图 2 和图 3 分别为 2005 年 8 月 19—20 日的香港 Sham Shui Po 风廓线的时间-高度剖面图和 Sham Shui Po 风廓线全风速的时间-高度剖面图。18 日高低层均为一致的偏东气流,由图 2 可见,从 19 日 00 时后,偏东气流完全被西南风取代,而且对流层的中下层均被深厚的西南风控制,说明南

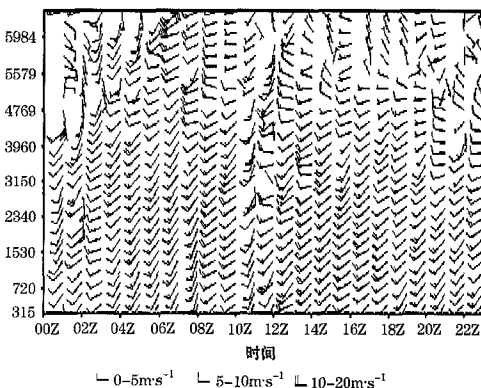


图 2 2005 年 8 月 19 日香港 Sham Shui Po 风廓线的时间-高度剖面

海西南风迅速加强并且开始逐渐向上扩展,西南风不断将大量的暖湿空气输送至本地,为强降水的发生提供充足的水汽。

由图 3a 可见,19 日在 3km 以下基本维持一个 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速带,说明低空西南风急流一直在为降水的发生提供充足的水汽和能量。1.5~3.0km 高度上先后出现 4 个超过 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速中心,时间分别为 02—03 时、05—07 时、08—10 时和 14—21 时,1.5km 高度以下先后出现 2 个超过 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的超低空急流风速中心,时间分别为 08—10 时和 14—21 时。它们的时间尺度为 1~7 小时,具有中尺度特征。07 时深圳出现雨强超过 $10\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的降水,和 1.5km 高度以下出现 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速中心相对应。14 时, $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速中心降低到了 400m,深圳从 15 时起再次出现雷阵雨,其中 18 时 1.5km 以下出现 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速中心,19 时的雨强最大,达到 $16.7\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。从高低空超过 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速中心的时间看,1.5km 高度以上先出现风速大值中心,1.5km 高度以下出现稍晚,说明低空急流中心比超低空急流中心早出现 2~3 小时,较强降水的出现是和超低层急流风速中心的出现时间相对应的。分析还发现,尽管 19 日始终存在一支风速超过 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风急流,但 19 日出现强降水的时段并不多,而是降水持续的时间长。这表明低空急流到达测站上空不一定立刻引发强降水,仅仅提供水汽和能量使得降水维持。强降水与低空急流向近地面层扩展程度的关系更为密切,进一步证实了西南风向下扩展的同时可能存在动量下传,引起低空扰动加强,引发强降水的看法^[4]。

20 日 06—12 时,深圳出现 7 小时累计雨量超过 100mm 的大暴雨时段。由图 3b 可见,00—18 时大于 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速仍维持在 3km 以下,深圳出现持续降水。06—

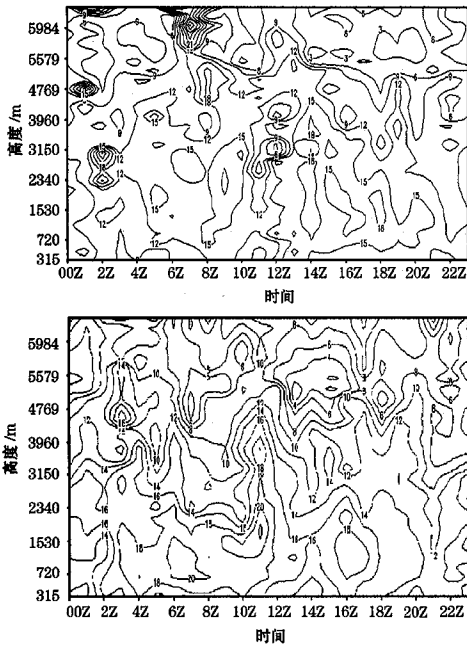


图3 2005年8月19日(a)和20日(b)香港 Sham Shui Po 风廓线全风速时间-高度剖面图

11时, 3km 以下的风速达 $18\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 06—08时, 500~1000m 的边界层内出现强超低空急流, 急流中心风速达 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 此时深圳降水的雨强突然增大, 06时小时雨量高达 21mm, 09时和10时的小时雨量分别为 31.7mm 和 31.5mm。而11时, $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的风速回缩到 1.5km 以上, 强降水也开始减弱, 11时的小时雨量为 17.7mm。18时低空西南急流再次加强, $18\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的风速中心又出现在 1.5km 以下, 19时的小时雨量加大到 14.9mm。分析进一步证明了低空急流向近地面层扩展程度及大的脉动与强降水的出现有密切关系, 而且低空急流向近地面层扩展程度及大的脉动与强降水的出现在时间上有很好的对应关系。

从以上分析中可以看到, 风廓线图清楚地展示了西南风急流在这次大暴雨天气过程中有很显著的作用。在中尺度系统发生前,

不仅对流层低层存在较强的暖平流, 而且对流层中下层还存在较强的水汽输送, 风速的增强对于暴雨中尺度系统的触发具有重要意义。在此次大暴雨过程中, 低空急流到达测站上空不一定立刻引发强降水, $12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的风速区位于 3km 以下时没有强降水出现。当低空急流速度迅速增强到 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 并向下扩展到 1.5km 以下边界层时, 强降水发生, 尤其是在边界层内出现 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的风速中心时, 降水达到最强。可见低空急流的脉动及向地面扩展程度与暴雨之间确实存在密切关系。

为了了解风场更细的结构, 本文还分析了更高时间加密的风廓线资料, 即 10 分钟的风廓线资料 (图略)。可以看出在 05 时、18 时, 低层风场均有扰动移过, 对暴雨也起到一个激发作用。

4.2 低空急流指数 I 的分析

刘淑媛等以 2 km 以下边界层急流中心的最大风速 V ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) 和 $12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速在该小时中的最低位置 D (km) 的比值定义了一个低空急流指数 $I=V/D$, 用它定量地表示低空急流向向下扩展的程度和风速脉动的强度^[4]。为了更清楚地显示本次大暴雨强度与低空急流的关系, 本文也参照此方法, 以 1.5 km 以下边界层急流中心的最大风速 V ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) 和 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速在该小时中的最低位置 D (km) 的比值定义了一个低空急流指数 $I=V/D$ 进行分析。

从图 4 可见, 每小时雨量超过 10mm 的降雨时段对应的低空急流指数 I 也比较大, 特别是 20 日 08 时至 12 时, I 达到峰值, 雨强也达到最大值。而且指数 I 的增大一般较雨强的增大要提前 2~4 小时左右。19 日 13—14 时, 指数 I 1 小时的脉动为 2.6, 17—18 时, 小时雨量从 0.2mm 增大至 3.7mm。20 日 04—05 时, 指数 I 1 小时的

脉动为 5.8, 06—07 时, 雨强从 2.1mm 增大至 14.2mm。以上分析表明低空急流指数 I 的增大与降水的增大相对应, 而且指数 I 越大, 脉动越大, 雨强越强, 它可以说明低空急流的脉动向地面扩展程度与中小尺度降水存在密切关系, 对强降水的出现及雨强大小也有一定的预示性。但是 19 日 14—20 时, 雨强逐渐增大, 指数 I 并没有明显增大。

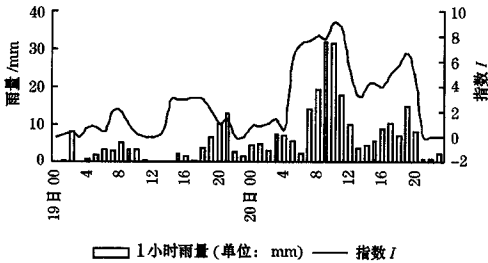


图 4 2005 年 8 月 19—20 日低空急流指数 I 及每小时雨量变化

5 结 语

(1) 用风廓线雷达资料每小时风场可以揭示对流层存在的中尺度现象以及低空急流脉动与强降水的关系, 风速的增强对于暴雨

中尺度系统的触发具有重要意义。

(2) 低空急流的脉动及向地面扩展程度与暴雨之间存在密切关系。低空急流到达测站上空不一定立刻引发强降水, 每次强降水的发生都对应一次西南急流的迅速加强和向下扩展, 说明西南风向下扩展的同时可能存在动量下传, 引起低空扰动加强, 引发强降水。

(3) 低空急流指数 I 可以说明低空急流的脉动向地面扩展程度与中小尺度降水存在密切关系, 它的增大一般较雨强的增大要提前 2~4 小时左右, 增大程度与雨强成正比, 对强降水的出现及雨强大小有一定的预示性, 还可用于强降水的临近预报。

致谢: 感谢香港天文台提供 Sham Shui Po 风廓线雷达资料。

参考文献

- 1 周秀骥, 薛纪善, 陶祖钰. 华南暴雨科学试验研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 9-10.
- 2 陆汉城. 中尺度天气原理和预报 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 251-281.
- 3 张霭琛. 现代气象观测 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2000: 289-298.
- 4 刘淑媛, 郑永光, 陶祖钰. 利用风廓线雷达资料分析低空急流脉动与暴雨的关系 [J]. 热带气象学报, 2003, 19 (3): 285-290.