

华南初夏的超低空急流及其对暴雨的影响*

李建辉

(空军气象学院)

提 要

通过华南暴雨实验获得的8次暴雨过程的资料分析,发现这些暴雨过程行星边界层下部都伴见1—2支中间尺度的偏南风强风带,它和常见的西南风低空急流有显著不同,为易于区别,称为超低空急流。分析看到,超低空急流和华南初夏的暴雨有着密切关系。

一、引 言

在华南暴雨实验中,人们逐渐注意到行星边界层中经常出现一些偏南风的中间尺度强风带,它们距地面的高度大都在500米左右,从这一特征来说,和通常习惯于把850—700毫巴之间的强风带称为低空急流比较,可以称为超低空急流。作者^[1]分析1978年5月中旬的暴雨过程时已经指出,这支急流不但存在,而且对暴雨有着重要贡献。为了进一步了解这支急流的一些基本状况,最近通过1977—1979年实验期间收集到的8次暴雨过程较为稠密的资料,对超低空急流的特征、结构及其和暴雨的关系作了探讨。

二、基 本 特 征

普查8次暴雨过程的资料看到,如果把风向在东南—南南西范围内连续3个站风速都 ≥ 12 米/秒、或1—2个站连续2天以上风速都 ≥ 12 米/秒的强风带称为急流,则有9次较为明显的偏南风超低空急流过程(见表1)。其中,1978年5月中旬的暴雨过程出现两

表1 各次急流过程的基本资料统计

序号	日 期	地 点	拔海高度	长 度	最大风速	平均风向
1	1977.5.28—6.1	东方—湛江	300米	300公里	18米/秒	南南西
2	1977.6.16—23	西沙—海口	300	300	17	南南西
3	1978.5.16—18	东方—桂林	600	600	14	南
4	1978.5.17—18	广州—赣州	900	400	14	南南东
5	1978.5.26—29	东方—河池	900	500	15	南
6	1978.6.5—9	西沙—阳江	500	500	15	南南西
7	1979.5.11—13	海口—阳江	300	300	19	南南东
8	1979.5.26—29	西沙—阳江	300	500	16	南
9	1979.6.9—10	东方—湛江	300	300	16	南南西

注:地点只表示急流范围,不表示急流走向。

* 本文于1981年4月3日收到,1981年7月13日收到修改稿。

支急流,其它暴雨过程都有一支急流。图1是这9次急流过程代表站的风速垂直廓线,从中可以看到它们都呈明显的“鼻状”分布,充分反映了急流状风速廓线的特征。这些急流

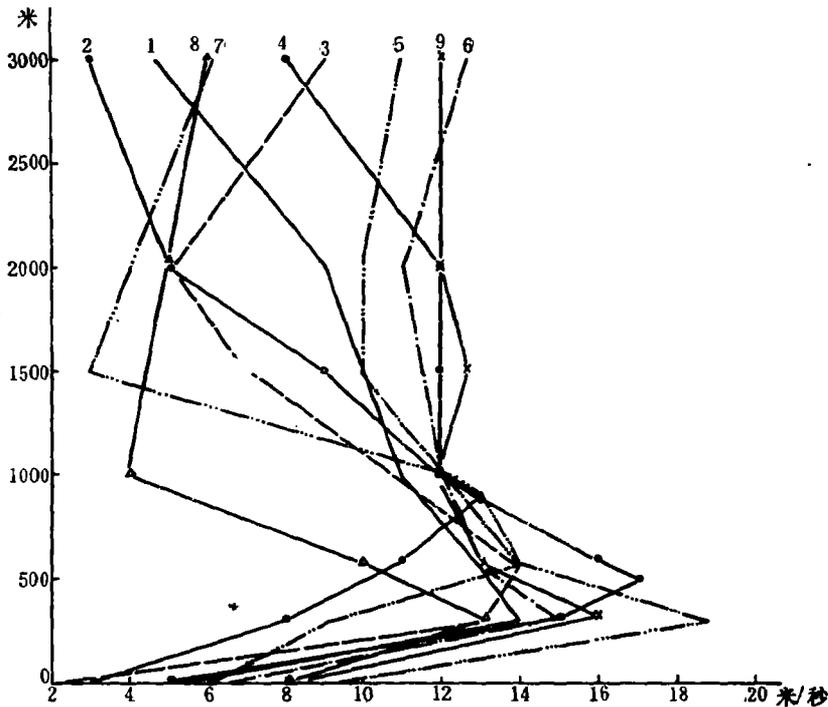


图1 各次急流过程中代表站的垂直风速廓线

(图中廓线的数字是急流序号,代表站的地名、日期如下: 1,1977年5月28日08时东东方站; 2,1977年6月18日01时海口站; 3,1978年5月17日08时海口站; 4,1978年5月17日08时广州站; 5,1978年5月26日08时南宁站; 6,1978年6月6日08时西沙站; 7,1979年5月12日20时东东方站; 8,1979年5月28日08时西沙站; 9,1979年6月10日08时东东方站。)

长约300—600公里,离地面的高度大都在300—600米,厚度500—1000米,宽200—400公里,强度一般为14—16米/秒,最大的记录有20米/秒,活动过程通常为3—5天。此外,超低空急流由于处在华南沿海摩擦层下部这一特定地带里,因此还具有如下特征:

1. 由南向北爬升。由于南岭山脉呈东—西走向横亘在华南地区,偏南风急流也就随着地形的起伏而升降,虽然离地面都在500米左右,但其南段拔海高度(大都在海面)为300—600米,北段(在陆地)为500—1000米,自南向北爬升。图2就是一个例子,可以看到急流轴离地面虽然只有500米左右,而且在五指山、十万大山和桂北山区前后有起伏,但总趋势逐渐升高,实际上是一股由南向北的爬升气流。

2. 风速垂直切变大。超低空急流由于地面摩擦影响,轴线以下风速垂直切变很大,从图1的资料计算得到,9个急流代表站的垂直风切变在 $1.7-3.3 \times 10^{-2} \text{秒}^{-1}$ 之间,这是低空急流少见的现象。

3. 日变化明显。超低空急流靠近地面,气温的日变化自然影响到急流的日变化。一般在后半夜到清晨较强。下午到傍晚较弱。图3就是其中的一个例子。1979年5月11—13日的急流过程中,海口1000米以下08时的风速一般都比14时或20时大4—6

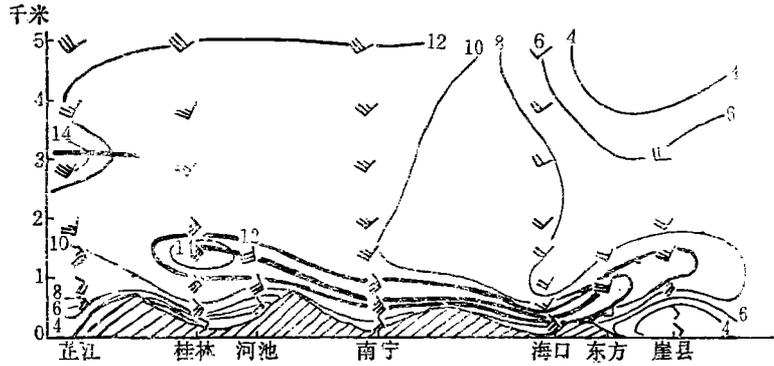


图 2 1978 年 5 月 26 日 08 时崖县—芷江垂直剖面的风速
(单位:米/秒;粗线为急流轴和急流位置。)

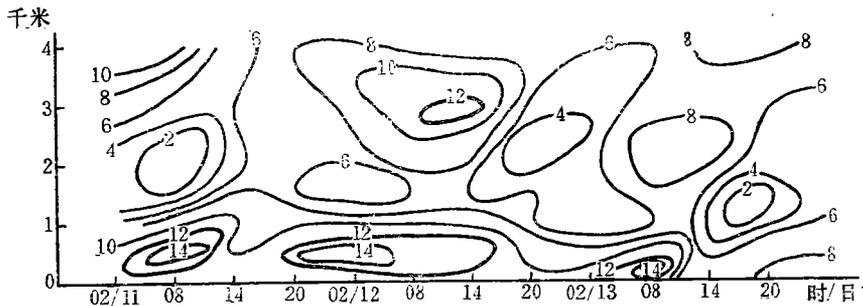


图 3 1979 年 5 月 11—13 日海口风速垂直时间演变图(单位:米/秒)

米/秒,和 Hoecker^[2]、Bonner^[3]分析到的北美低空急流强度的日变化相似。

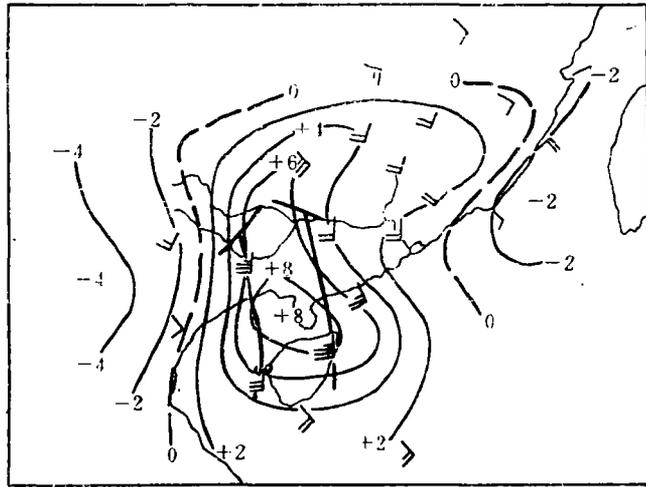
4. 具有强烈的非地转风分量。所有超低空急流都明显地指向低压一侧,而且风速有较大的超地转分量。特别是急流强烈发展的时候,超地转的特征更显著。1978 年 5 月中旬的急流过程就是一个例子。如图 4 所见,这支急流的强度虽然只有 14 米/秒,但超地转分量达 8 米/秒。16 日只有一支急流,相应地在急流附近有一个超地转分量大值区;17 日有两支急流,相应地在两支急流附近有两个超地转分量大值区。对每一支急流的计算看到,急流轴的地转风速大都是 6—8 米/秒,而实际风速大都为 14—16 米/秒,非地转分量在 50%左右。

三、结 构

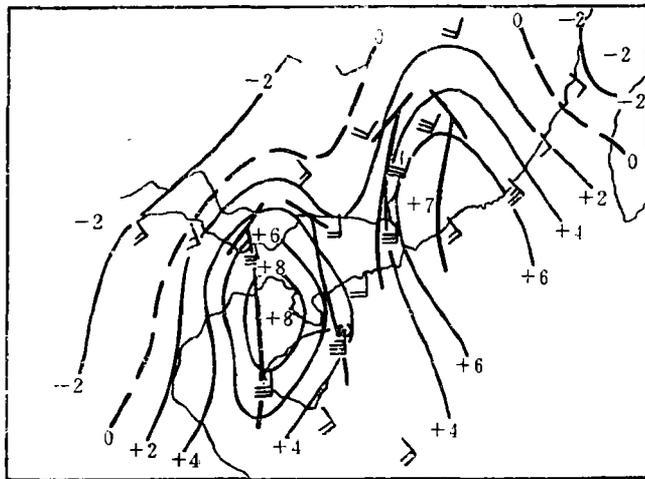
分析看到,超低空急流的基本特征及其温压场背景,使得它的结构具有明显的热力学和动力学特征。

就热力学特征而言,超低空急流附近温度场的水平分布一般呈东冷西暖的结构,暖中心在急流的左后方,冷中心在急流的右前方。比湿场的配置和温度场的趋势一致,呈东干西湿,干、湿中心的位置几乎与冷、暖中心重合(图略)。这显然是由于华南初夏暴雨大都处于西南倒槽发展,华东沿海变性高压出海的形势中的结果。

联系地面和 850 毫巴图的分析看到,急流两侧干冷空气比较薄,暖湿空气比较厚,水



a 16日08时



b 17日08时

图4 1978年5月16—17日08时900毫巴实测风场和非地转风分量(单位:米/秒)
(图中箭头为急流位置,带()的站为600米的风速)

平温度梯度较大处在边界层中下部,和急流轴的高度基本对应。

就动力学的特征而言,急流位于正涡度区和辐合区中,正涡度中心在急流轴左前侧,辐合中心在急流的前段(图略)。图5、6是通过连续方程计算的1978年5月26日08时沿急流轴的经向垂直环流和沿 23°N 横切急流轴前段的纬向垂直环流。从中看到,沿着急流轴的上空为一闭合的经向环流,上升支在急流轴前部,下沉支在急流轴尾部。沿着急流轴前段的两侧为一闭合纬向环流,上升支也在急流轴前部。可见两个垂直环流圈的上升支互为一体。特别值得注意的是在急流轴以下,左侧西南倒槽南部的西南气流带来西风分量,右侧变性高压南部的东南气流带来东风分量,它们都向着急流轴汇合。这种侧向流入不但有利于急流的维持和发展,而且加强了急流前部的上升支,促进了两个闭合环流圈

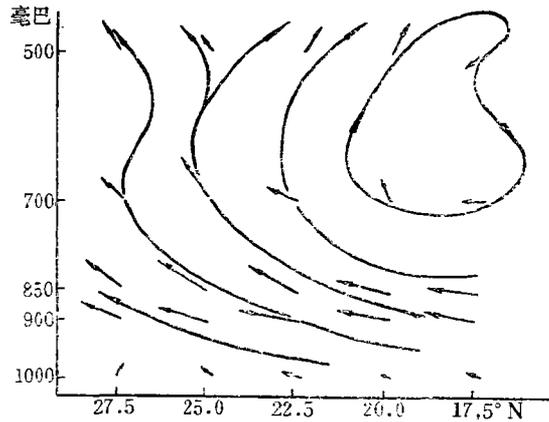


图 5 1978 年 5 月 26 日 08 时西沙—芷江垂直环流
(箭头表示的尺度比例:经向风速分量 1 米/秒,垂直速度 1×10^{-3} 毫巴/秒)

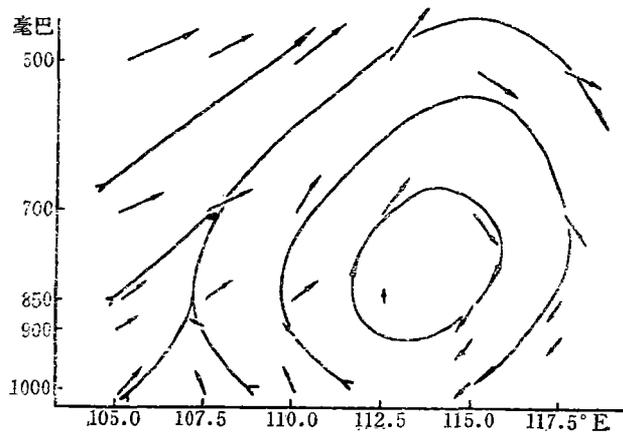


图 6 1978 年 5 月 26 日 08 时 23°N , 105°E — 117.5°E 垂直环流
(箭头表示的尺度比例:纬向风速分量 1 米/秒,垂直速度 1×10^{-3} 毫巴/秒)

的运动。

华南初夏暴雨的天气形势,通常都是低空东面为变性高压,西面为西南倒槽,高空北面处于西风槽后,南面位于南海高压的北侧。因此这两个闭合环流圈在其它超低空急流亦大都存在,后面的分析将要看到,它们不仅对急流的发展和维持,而且和暴雨的关系都很密切。

四、对暴雨的影响

统计表明,所有偏南风超低空急流都和一个雨区对应,而且特别有意义的是雨区都位于急流的正前方。对 9 次急流过程中有加密测雨记录的 29 个急流日计算,24 小时雨量中心最大为 231.9 毫米,最小为 38.9 毫米,平均为 96.0 毫米,可见降水量很大。华南初夏暴雨多发生在黎明前后,这一点和急流日变化最强盛的时段亦相一致。图 7 是一个比较典型的例子,1978 年 5 月 16—17 日桂北地区出现了特大暴雨,日雨量最大达 231.9 毫

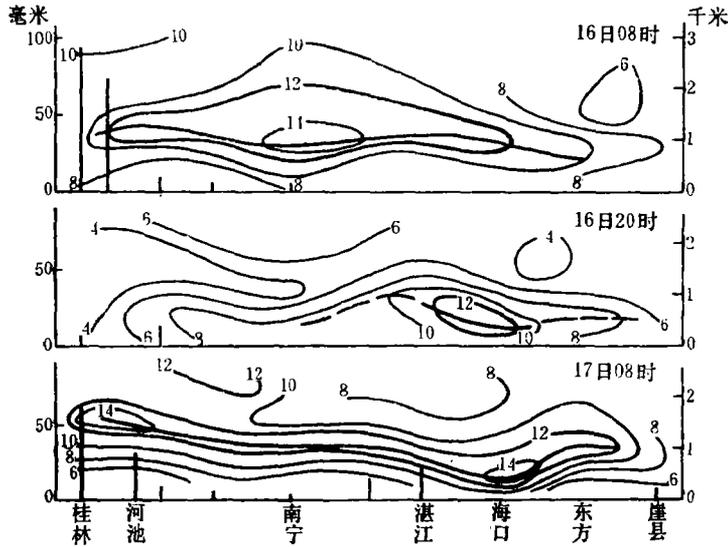


图 7 1978 年 5 月 16—17 日崖县—桂林的急流强度(单位, 米/秒)和各地 6 小时雨量(垂直线)

米。在这个暴雨过程中,16 日 08 时急流较强,降水亦较大;16 日 20 时急流减弱,各地降水亦大都停止;17 日 08 时急流加强,降水又出现。

急流和降水的这种关系,从风速的脉动和雨峰的关系中看得更清楚。图 8 是和图 7 同一暴雨过程中东面一支急流底部的风速和广州降水的分布,从中可以看到,16 日 17 时

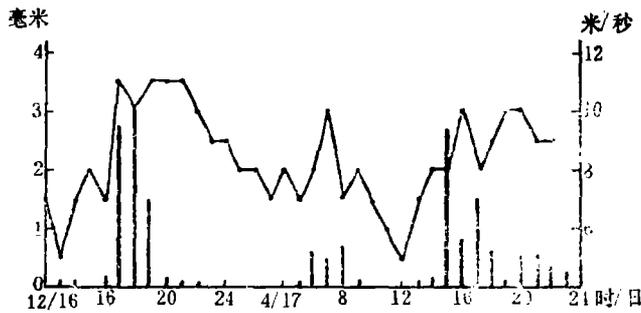


图 8 广州 1978 年 5 月 16—17 日 50 公里范围内的逐时平均雨量(垂直线)和电视塔 180 米高度的逐时风速(折线)

到 17 日 18 时广州先后出现了 3 次雨峰,即 16 日 17—19 时,17 日 6—8 时、15—18 时,前两次雨峰和风速的迅增同时出现,后一次雨峰出现后 1 小时风速迅速增大。以后由于上空有低空急流南移至广州上空,这种关系才告结束。

对图 8 的进一步分析还看到,降水大都是在风速逐渐加强过程中开始的,而雨峰的出现或出现以后又伴见风速突然加强。这一现象说明一方面急流影响着降水,另一方面降水区对流活动的加剧又影响着急流。这种反馈作用的结果可能是造成暴雨过程中风速不断脉动,雨峰接连出现的一个原因。

急流和暴雨的关系之所以如此密切,其基本原因是:急流或急流未出现前的强烈偏南

风不但源源不断地把南海低空的潮湿不稳定能量向暴雨区输送,而且急流的结构十分有利于这些不稳定能量的聚集和释放。位于热带暖湿洋面的急流尾部,虽然存在着大量潮湿不稳定能量,但沿急流轴垂直环流圈的下沉支抑制着对流发展,能量未能释放;从而集中在低层沿着急流北上,纬向垂直环流圈在急流两侧的气流也同时向急流汇合,加强了急流的动量。大量水汽和能量就在两个垂直环流圈的上升支中释放,从而和其它天气系统一起构成了华南初夏常见的过程长、雨量大的暴雨。

五、小结和讨论

以上分析说明,华南初夏的暴雨过程中经常存在着一些超低空急流。这支急流和华南初夏暴雨中常见的西南风低空急流^{[4], [5]}比较,虽然两者都是暖湿气团的产物,但前者活动于边界层下部,后者活动于自由大气或边界层顶部;前者为中间尺度,后者为天气尺度;前者上游在南海,后者上游在孟加拉湾;前者辐合区和雨区在前段,后者在左前侧。可见,两者在源地、走向、高度、尺度、结构和雨区配置等都有明显区别。

对暴雨的贡献,超低空急流和低空急流比较也有其独特之处。就从输送水汽、热量和动量来说,低空西南风急流主要是在暴雨区东南侧通过挟卷作用进行,而超低空急流却直接从暴雨区底部带入,超低空急流自南向北对正暴雨区爬升,其头部在暴雨区中消失就是证明。

中间尺度天气系统的生命史,大都只有 1—2 天,超低空急流往往持续 3—5 天,可能和流场背景有关。低空为东脊西槽、高空为南脊北槽的形势、形成了以超低空急流为主体的两个垂直环流圈。因此背景场不变,急流就维持,暴雨就持续。这里,既看到不同尺度天气系统之间的联系,也说明华南初夏暴雨过程时间长、雨强大的特征和超低空急流密切相关。

分析还看到,超低空急流是在南海过赤道气流及其两侧的气流汇合到脊后槽前地区中出现的。通过急流入口区前后湿空气能量转换的分析看到,是一支典型的湿急流,关于这方面的工作,将在以后另文讨论。

此外,由于资料所限,本文只能就 8 次暴雨过程进行分析,至于华南初夏的暴雨是否都有超低空急流,或超低空急流是否都伴见降水,还有待今后通过更多的资料来说明。

本文承张丙辰、周晓平同志提出了宝贵的意见,谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] 李建辉,高、低、超低空急流的相互关系及其对暴雨的贡献,华南前汛期暴雨文集,58—63,1982。
- [2] Hoecker, W. H., Three southerly low-level jet systems delineated by the weather bureau special Pibal network of 1961, *M. W. R.*, **91**, 573—582, 1963.
- [3] Bonner, W. D., *Climatology of the low-level jet*, *M. W. R.*, **96**, 833—850, 1968.
- [4] 热带海洋气象研究所, 华南前汛期低空急流过程和广东暴雨的分析, *大气科学*, 第 1 卷, 第 2 期, 99—104, 1977.
- [5] 中山大学、广西气象台, 华南低空急流与四—六月广西暴雨, *热带天气会议论文集*, 67—77, 1976.

ULTRA LOW-LEVEL JETS AND THE HEAVY RAIN IN EARLY SUMMER OVER SOUTH CHINA

Li Jian-hui

(Air Force Institute of Meteorology)

Abstract

In this paper, the eight cases of heavy rain over South China are analysed. It shows that the process of the heavy rain associated with the 1—2 ultra low-level jets—southerly jets of sub-synoptic scale at low-level in boundary layer. It is a significant factor of heavy rain in early summer over South China.

(上接 360 页)

参 考 文 献

- [1] Будыко М. И., *Климат и жизнь*, л. Гидрометеониздат, 439—470, 1971.
- [2] 中央气象局研究所, *热量平衡观测法* (印发), 1960.
- [3] 萨鲍日尼科娃 С. А., *小气候与地方气候*, 科学出版社, 37—40, 1955.
- [4] 希德科 М. И., *地表面热量平衡*, 科学出版社, 52—53, 62—63, 1960.
- [5] Машкова, Г. Б., Хачатурова, Л. М., *Способы определения состояния устойчивости атмосферы по наземным данным*, Труды ИЭМ, вы. 23(88), М. Гидрометеониздат, 18—19, 1979.
- [6] 谢贤群等, *海拉尔东部开垦地与草场地表热量平衡及其对尘埃输送的影响*, 地理学报, 33卷第2期, 科学出版社, 156—159, 1979.

SOME MICROCLIMATIC EFFECTS OF RECLAMATION

Ma Yu-tang Yao Wen-quan Xu Zhao-sheng

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

In this paper, the field observation data of cultivated land and uncultivated land at Hulunbeier for two years in succession are used. The authors analysed the variations of soil hydro-thermal condition, atmospheric dynamic and thermodynamic condition near the ground, and surface heat balances during the period between Spring and Summer (May-June after reclamation). It is indicated that the microclimatic effects of reclamation are many sided and obvious, especially, the thermodynamic effects. So one must pay attention to the influences of reclamation such a human activity on climatic conditions.