

短论

海南岛地形造成的绕流效应对 粤桂南部降雨的影响

吴恒强

(广西气象局)

提 要

本文先从引证华南前汛期暴雨实验(1977、1978)中几个突出个例入手,继而分析海南岛四周濒海台站、北部湾北部海面以及广东广西沿海部分台站的10年(1961—1970)平均地面流场^①,揭露了海南岛地形造成的绕流这一观测事实,并初步研究了这种绕流辐合对粤桂沿海地区降雨的影响。

一、前 言

在障碍物尺度比较大的场合,三维问题的气流绕山运动本质上是非线性过程。当无限远处为平行的气流,受阻于障碍物(山)时,越山脊通过的只是部分流体,而有相当部分的气流在水平方向绕过障碍物。绕过山的扰动彼此相互干涉并减弱,造成山后垂直速度的复杂变化^[1]。流体力学实验表明,整个绕流扰动,是受绕流雷诺数制约的。天气分析经验与小气候调查结果^[2]指出,气流绕山时,在山前山后两侧流场的辐散辐合分布不同,会造成不同的垂直运动,因而对降水的影响也不同。这时,在山前两侧及山后较远处的中部辐合区,有利于上升运动和降水,在山后两侧的辐散区有下沉运动,不利于降水。

西南季风盛行期间,海南岛位于广东、广西沿海的上风方向,当有南或西南气流向两广沿海流动时,首先受阻于此,出现了低层绕流现象。这种发生在高温高湿气流内的低层扰动,究竟会给两广南部沿海一带的天气造成怎样的影响,这是一个值得探讨的问题。1977、1978连续两年,“华南前汛期暴雨成因及预报实验研究”在三个重点实验区(桂北、粤中、闽西)设有比较稠密的测站网,对若干次暴雨过程取得了比较丰富的观测资料,并先后进行了分省和集中的科研会战,编有《一九七七年华南前汛期暴雨实验研究报告选编》^②和《华南前汛期暴雨实验文集》^③。本文先从这两个集子提供的现成图表资料入手,

1982年2月5日收到,5月7日收到修改稿。

① 分析地面平均流场所用资料,分别取自广西气象台整编出版的《广西降水资料》(1961—1970)、《广西气压、风、天气日数资料》(1961—1970)、海军南海舰队司令部航保处汇编的《华南沿海及南海岛屿气候资料》以及广东省有关台站各自出版的《地面气候资料》(1961—1970)。

② 热带天气科研协作领导小组办公室、广东省热带海洋气象研究所印,1978。

③ 热带天气科研协作领导小组办公室、广东省热带海洋气象研究所印,1979。

继而利用气候资料,对海南岛地形绕流现象作一初步的分析尝试。

二、海南岛地形所造成的绕流辐合与前汛期粤西局部暴雨

1. 低层绕流辐合

1977年5月27日至6月1日,广东、广西、福建三省(区)出现了大范围暴雨天气过程,此即“77.5”暴雨个例。在广东的粤中及沿海,5月30日至31日是一个重要暴雨时段。

5月30日14时(图1a),静止锋位于 23°N 附近,地面等压线以东北-西南走向穿过海南岛,海南岛、广东广西沿海在西南槽前强烈西南季风控制之下。其中东方、涠洲岛两站出现 12m/s 大风。审视此刻海南岛四周的风场,发现受地形影响十分明显:东方站是

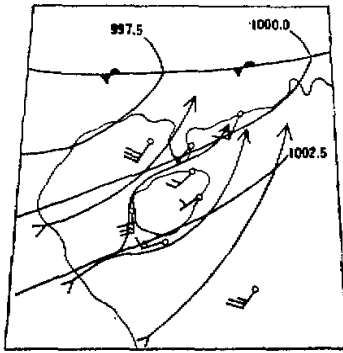


图 1a 1977年5月30日14时
地面形势与流场

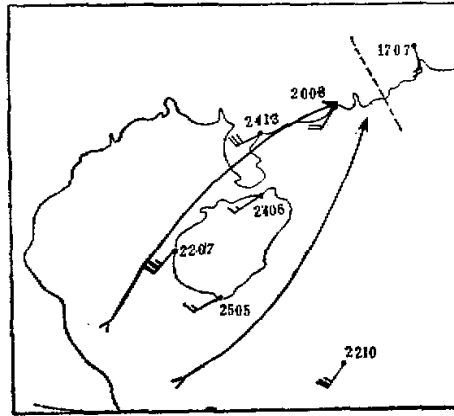


图 1b 1977年5月30日20时500米
高空风
(数字为 ddf)

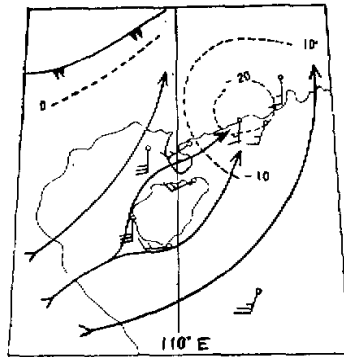


图 1c 1977年5月31日14时地面形势与流场,点线为当日20时 σ_L 分布

12m/s的南风,崖县站是西南偏西风,显示出水平气流在此地被崛起于海洋的海南岛一分为二;在下风方向,海口、湛江为西南风,阳江站为西南偏南风,显示出在山前被分开的两股气流在山后(应说是岛后)一段距离趋于汇合,有明显的气流绕山运动。图1b为1977年5月30日20时500米高度的流场^①,与地面14时流场一致,表现出气流在海南岛西侧被分成两股而绕过海岛后在广东阳江附近汇合。该图原作者在气流汇合处分析了一条风向切变线,并指出这条切变线对产生暴雨的作用。

5月31日的流场(图1c)与30日相似,海南岛两侧绕流现象仍清晰可辨。

作者发现,前汛期中类似图1型式的流场是很普遍的。华南前汛期暴雨实验的研究者们,十分强调地面以及低层气流、水汽辐合对强对流天气的作用,这里所揭示的由海南岛地形造成的绕流现象,则是此类辐合形成的一个不容忽视的因素。

杜杰等绘制了1978年5月26—28日广东沿海风剖面图^②(即“78.5”暴雨个例),并指出珠江口以西的沿海地区低层受东南和西南两股气流的影响,这两股气流在粤西沿海逐渐合并,而且两股气流的汇合表现在低层,到3000公尺则为一致的西南气流控制,辐合现象不显著,而低层流场的辐合作用对降水的发生起着明显的作用。分析表明,这里的低层气流有比较复杂的垂直分布:地面流场表现为来自西太平洋方向的东南气流与来自海南岛方向的西南气流的辐合,而在850毫巴高度,气流则是由西南向东北方向流动,途中受阻于海南岛地形,分两股绕流粤西沿海,到达辐合点前,海南岛左侧一股表现为西南气流,右侧一股则表现为东南气流。在3000公尺以上,由于气流已处在海南岛山地上空,故无下游绕流汇合现象,而为一致的偏西南气流。图2^③是这个例子期间即1978年5月27日08时850毫巴流线与暴雨关系。当时,148位势什米等高线以西南-东北走向,与海南岛地形长轴方向重叠,此图清楚表明,绕过海南岛的两股气流汇合处,正落在阳江附近,该县新湖水库从26日22时至27日11时降雨量达736mm。

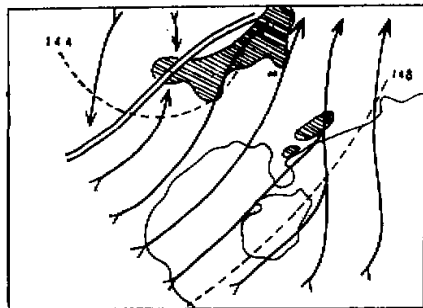


图2 1978年5月27日08时850毫巴流线与暴雨关系。阴影部分为暴雨区,点线为等高线

2. 低空、超低空急流条件下的绕流辐合

观测发现,前汛期粤桂南部暴雨发生前和暴雨期间,在南海北部、海南岛上空附近,经

① 该图取自徐家秀等,1977年5月31日粤中暴雨过程分析。

② 见杜杰等“78.5”粤西暴雨过程的分析。

③ 该图取自李吉顺、李鸿洲,华南前汛期暴雨过程的冷空气活动和边界层辐合。

常存在一支低空、超低空急流。急流的入口处位于最低层(低至 300 米),越往下游高度越是升高(可达 2000 米),说明急流中心所在高度并非始终都在同一个等位面上^①。在入口处,这些数百米高度的急流受阻于海南岛,被迫分支绕流,在山后一定距离之内趋于汇合。对应于上述图 1b 的时刻,图 3^②表示 1000 公尺高度上,急流先被分股绕山,尔后在粤西沿海汇合的事实。

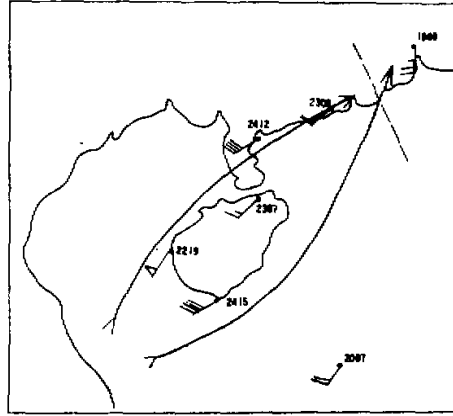


图 3 1977 年 5 月 30 日 20 时 1000 米高空风

地面以及低层流场分析表明,前汛期在西南季风控制之下,海南岛地形绕流的汇合点常常落在阳江附近。看来,这种绕流扰动对形成阳江这个全国著名暴雨中心具有实在的意义。

三、从地面平均流场看绕流效应对广西沿海夏半年雨量分布的影响

上面列举了华南前汛期几个受绕流影响的暴雨个例。海南岛作为一个永久性的地形,其绕流效应对于下游地区的气候亦应有相应的反映。

地面平均(取 1961—1970 年)流场图中,一、二、三、九、十、十一、十二月(图略),北部湾北部沿岸各站为一致偏北气流,海南岛在下风方向,所讨论的地域无绕流可言。四月份(图略),有气流取道琼州海峡到达广西沿海,北部湾南部海面方向的气流尚无力到达北岸,该月东兴站的最多风向仍偏北。而五、六、七、八这四个月,南海方向海洋性暖湿气流大量向内陆输送,海南岛在北部湾北岸的上风方向。平均流场图表明,从南海流向北部湾北岸的气流受到海南岛地形阻挡,气流分两股绕流进北部湾并在沿岸一带合拢。由于环境流场随着季节的推移而调整,使得绕流路径也在一定范围内摆动,因之,山后辐合点的空间位置亦随之变动。图 4 为五月平均流场及绕流辐合点动态图。图中崖县、陵水的盛

① 包登瀛、方宗义等,“77.5”特大暴雨的大尺度分析。

② 该图取自徐家驹等,1977 年 5 月 31 日粤中暴雨过程分析。

行风向指示出平行气流在迎风面被分为左右两股。海口、徐闻、那沃、涠洲、北海等站为一股东南风, 东方、钦州、东兴为南风, 流场反映出两股气流在钦州附近趋于辐合, 钦州雨量由四月份的 136.3mm 增至 158.8mm。由于十万大山的地形抬升等作用, 使东兴的雨量显得更多, 达 218.6 mm。六月, 流场调整较大, 崖县盛行风向由东南偏东顺转为东南(图略), 与此同时, 涠洲岛、北海市、合浦等站的盛行风向由东南顺转为西南, 海南岛东西两侧两股气流的辐合点从钦州附近转移到博白附近(见图 4 中箭头所示), 辐合点自西向东移动了一百多公里。正是由于辐合点落在博白附近, 使该站六月平均雨量由五月份的 187.7mm 猛增至 329.4 mm, 并且成为附近那一带地区的最大值。而如图 4 所示, 五月份博白站的雨量是比邻站少的。七月(图略), 绕流沿途各站的盛行风向变化不大, 只是崖县出现了两个最多风向, 一是西风, 一是东南偏南风, 说明环境流场仍处在“动”的状态中, 该月合浦站平均雨量由六月的 278.7mm 增至 318.5mm, 并成为附近各站中的最高值, 由图可知, 合浦是七月绕流辐合点所在地。八月(图略), 流线清楚表明, 绕流在浦北附近汇合, 该站月平均雨量由七月的 290.1mm 增至 492.2mm, 也表现为其附近台站中的最高值。

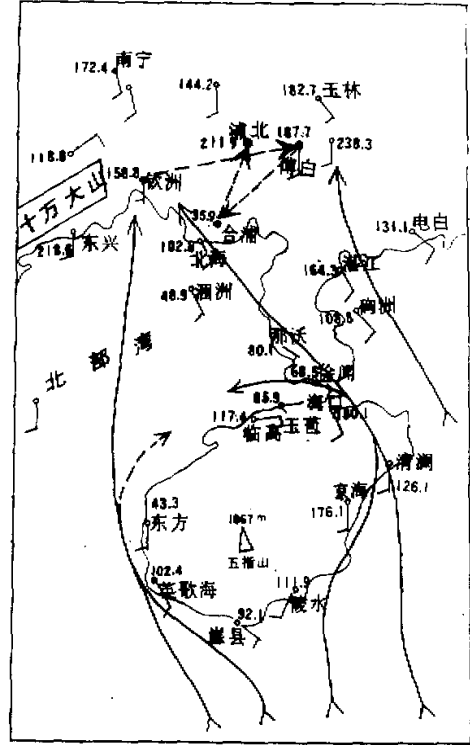


图 4 五月平均流场及六、七、八月绕流辐合点动态图。测站旁数字为该站五月份 10 年(1961—1970)平均雨量值

四、绕流辐合对降水影响的试分析

图 4 以及六、七、八月地面平均流场图表明, 在这四个月的, 广西南部沿海地区都存在着绕流辐合现象, 辐合点随着季节的推移而移动。我们知道, 在绕流辐合点附近, 是持续性的地面气流水平辐合区。今以 δP 表示辐合区的空气柱厚度(以气压表示), 则在直角坐标系, 有^[2]:

$$\frac{1}{\delta P} \frac{d(\delta P)}{dt} = - \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

该式表明, 气柱在垂直方向厚度的伸长和收缩, 是分别与气流的水平辐合和辐散相关联的。当水平运动为辐合时, $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} < 0$, 这时 $\frac{d(\delta P)}{dt} > 0$, 空气柱的垂直厚度伸长,

由于下边界不动,顶部必定出现上升运动。这种持续性的水平气流辐合,造成了持续性的上升运动,成云致雨,使得绕流辐合点附近雨量大增,与周围测站相比,形成一个相对高值点。故此,绕流辐合点移到哪里,那里的月平均雨量就大增并且成为一定范围内的相对雨量中心。

上面是就气候上的平均状态而言。在分析前汛期暴雨个例时,我们注意到绕流辐合点与不稳定区、超地转中心吻合的现象。

图 1c 上的点线表示当天 20 时中下层对流性不稳定度 $\sigma_e L_0$ 的分布^① [此处, $\sigma_e L_0 = (T_{2500} - T_{10}) + (T_{1500} - T_{850})$, 其中 T_s, T_t 分别表示饱和温度和总温度, 0, 850, 500 为毫巴高度], $\sigma_e L_0 < -10$ 的等值线区域是中下层对流性不稳定区, 对照流场可见, 绕流辐合点就落在 $\sigma_e L_0 = -20$ 闭合线范围。图 1c 表明, 绕流辐合点与高能中心和不稳定区重合, 有利于能量的释放和对流的发展, 触发暴雨。

参看孙淑清计算的 1978 年 6 月 6 日 08 时 850 毫巴上非地转风分布图^② (图略), 可以发现绕流辐合点与阳江附近的一个超地转中心恰好重合在一起, 这对暴雨的产生, 可能是一种有效的动力触发条件。

由此看来, 分析绕流辐合与计算物理量相结合, 可能有助于暖区暴雨落点的预报。

另外, 无论是在月平均流场图上或在个例流场图上, 绕流辐合点与海南岛之间的相对位置以及距离远近都是随时变化着的。这种变化可能是由于绕流雷诺数的变化引起的。而绕流雷诺数与基本气流的速度以及气流跟海南岛的交角等因素有关, 这有进一步研究的必要。

五、两点结论

1. 在有利的环境条件下, 海南岛地形绕流辐合对两广沿海局部暴雨有明显的触发作用。

2. 从 10 年(1961—1970)地面平均流场分析表明, 五、六、七、八月, 由海南岛地形造成的绕流辐合点落在广西沿海一带。由于环境流场随季节的推移而调整, 使绕流辐合点在广西南部沿海一带也随之有所变化, 相应地, 这一带地区的雨量相对高值点亦随辐合点的移动而转移。也就是说, 海南岛地形绕流效应是广西南部沿海一带夏季雨量分布的支配因素之一。

参 考 文 献

- [1] Гутман, Л. Н., 中尺度气象过程非线性理论引论(中译本)科学出版社, 73—75, 1976.
 [2] 小沢行雄, 吉野正敏, 小气候調査法, 古今書院, 160—161, 1965.
 [3] 北京大学, 天气分析与预报, 科学出版社, 72, 1976.

① 引自徐家驹等, 1977 年 5 月 31 日粤中暴雨过程分析。

② 孙淑清, 华南低空急流中风场中尺度特征及其对暴雨的作用。