

澳大利亚东南部持续性降水的成因

何立富

(中央气象台,北京 100081)

提 要

利用热带天气图、日本 GMS 卫星云图、ECMWF 格点风场资料,对澳大利亚东南部持续性降水的两类主要天气过程:热带云涌-冷锋尾流气旋锋生过程和阻塞反气旋北侧回流降水过程进行了分析,从云型演变、环流形势、热带流场等方面揭示了澳大利亚东南部持续性降水天气过程的基本特征,为业务预报提供参考。

关键词: 澳大利亚 持续性降水 云涌 锋生

引 言

澳大利亚东南部地区是澳大利亚大陆上自然条件最好、经济最发达的地区。全国主要城市大都集中在该地区沿岸。特殊的地理位置和地形条件,使得其天气现象呈现出诸多特点,引起了广泛的关注^[1-3]。

受澳大利亚东部的山地地形及常年存在的东澳暖洋流的影响,澳大利亚东南部上空的大气具有暖湿和对流不稳定的特征,呈现出冬温常湿的海洋性气候特点。该地区全年雨水充足,季节分布比较均匀,冬季降水更为显著。关于澳大利亚东南部大范围降水特征及其影响系统,许多人从不同角度作过研究。Foley, J. C. ^[4] 最早对大尺度降水的 500hPa 流型进行分析,认为夏季澳大利亚东南部上空的低槽与极锋锋区的存在有关。R. Srikanthan 等^[5]根据历史资料探讨了澳洲东南部降水变化的长期趋势。X. -G. Zhang 和 T. M. Casey^[6]考察了南方涛动对澳大利亚东南部降水的影响。Garratt, J. R. ^[7]和 Perrin^[8]对澳大利亚东南部的降水天气系统——冷锋进行了深入的研究,揭示了它的动力学特征和三维空间结构,认为天气

尺度锋生强迫和局地中尺度扰动是造成澳大利亚东南部大范围降水的主要原因。A. J. Pitman 等^[9]采用不同的气候模式在不同的空间分辨率条件下对澳大利亚东南部冬季降水进行了数值模拟研究,强调了复杂的地面方案在降水预报中的重要性。

根据我们多年对澳大利亚天气的分析和预报发现:澳大利亚东南部有两类特殊的降水过程,由于出现次数较少,并未引起足够重视。热带云涌-冷锋尾流气旋锋生过程(多表现为中低纬系统的相互作用)和阻塞反气旋北侧的回流降水过程(多表现为 500hPa 横槽冷堆的维持)常给澳大利亚东南部带来持续性降水天气。对这种典型过程的分析研究,对于提高中央气象台国外城市预报水平无疑是十分有用的。本文选取 1990 年 4 月 16—21 日一次热带云涌-冷锋尾流气旋锋生暴雨过程和 1994 年 6 月 27 日—7 月 3 日一次阻塞反气旋北侧回流降水过程,重点探讨澳大利亚东南部持续性降水天气的特点。

1 热带云涌-冷锋尾流气旋锋生过程

1.1 过程分析

热带云涌是指热带云系从低纬向中纬度

涌进的现象。人们对它的研究多集中于赤道太平洋东、西部地区^[10]。我们发现,在澳大利亚地区,热带云涌现象也时有发生,并且多与中纬度弱的冷性系统相互作用。1990年4月18—21日,澳大利亚东南部出现了一次持续性暴雨天气过程,悉尼24小时最大降水量达88mm,降水由锋面气旋引起。从该气旋的发生发展来看,这是一次典型的由热带云涌与冷锋尾流相互作用而产生的气旋锋生过程,在卫星云图上表现得十分清楚。

1990年4月16—18日,位于澳大利亚北部的赤道辐合带(ITCZ)云系发生了一次大规模的向南涌进过程。从这次过程的云型演变情况来看,在云涌活动前期(图1a),澳大利亚北部太平洋地区赤道辐合带位于5°S左右,ITCZ云系密实清晰,宽度较窄,呈东西带状。澳大利亚中部有一条西北—东南向的弱冷锋云系(前次冷锋过程的残余部分,称为冷锋尾流)。这种冷锋尾流在澳大利亚上空并不鲜见,因为伸展到澳大利亚内陆的冷锋经常发生断裂现象^[11]。在热带云涌开始阶段(图1b),ITCZ云系向南涌进,云带变宽。同时,云涌前缘中大量的积云单体不断地并入,使云涌得以继续南进发展。从而在云涌发展阶段(图1c),不断加强南进的热带云系使澳大利亚大陆冷锋残余云系得到较强发展。在云涌爆发阶段(图1d),澳大利亚东部热带云系大规模南涌,在大陆不断加强的冷锋云系的前缘呈现气旋式涌入。这些携带水汽和热量的热带云系的涌入,使得冷锋云系前部出现暖锋特征,气旋锋生作用得以实现。在云涌减弱阶段(图1e),热带云系逐渐北撤,气旋式输入特征消失,原来弱小的冷锋残余云系现在已发展成强盛的锋面气旋云系。

1.2 环流特征

热带云涌通常受中纬度延伸槽引导,沿槽前偏北气流向南涌进。图2a给出了这次热带云涌活动时期500hPa的流场形势。在澳大利亚、西南太平洋地区,为典型的东高西低

形势。澳大利亚中部延伸槽几乎伸至赤道附近,大陆中南部为一强大的辐合中心。辐合中心的存在和维持为冷锋尾流提供了有利的环境场条件,同时,其前部的偏北气流与延伸槽前的偏北气流一起,不但引导低空正涡度(ITCZ云系)沿澳大利亚东部向南输送,而且动量下传也有利于澳大利亚东部低空偏北气流的加强,使之有利于热带云系的南进。

在低层流场中(图2b),850hPa上位于澳大利亚东部的反气旋有一明显的向北伸展的高压脊,与位于伊里安岛附近的赤道高压相贯通,成为近乎南北向的高压带。在该反气旋的西侧,澳大利亚大陆东部为一东风倒槽区,它与ITCZ上的低压环流区相叠加,成为一近乎南北向的低压带。这种形势的存在与加强,使伊里安岛附近至澳大利亚东北沿岸一带偏北气流得以维持和加强。这种暖湿气流的辐合和南进,是热带云系发展南涌的强大推动力。

气旋锋生过程中,澳大利亚东北部沿岸一带低层经向风分量由前期的偏南风转为一致的偏北风。最大北风中心位于29°S左右,风速超过 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (图略)。水汽、热量及正涡度的输送,使得气旋锋生作用逐步加强。地面上1015hPa线不断南推,倒槽低压区不断向南扩展,进而发展成为锋面气旋。正是由于该系统的缓慢向东南方向移动,给澳大利亚东南部地区带来一次持续性暴雨过程。

2 阻塞反气旋北侧回流降水过程

南半球的冬季,当中高纬度冷锋移经悉尼之后,紧接着锋后反气旋东移到澳大利亚东南部,在该地区加强且移速减慢,该地区成为冬季南半球著名的反气旋高频数区^[11]。这种冷性高压,水平尺度较大,控制着澳大利亚大部地区。此时,如果500hPa高空有“冷堆”配置(横槽或切断低压),地面反气旋阻塞性质将更加明显,并在其北侧引发东风倒槽,使澳大利亚东南部出现持续性回流降水天气。通常,降水多为阵性,雨强不大,多为小到中

雨,一般可持续3天以上,长的可达6天以上。

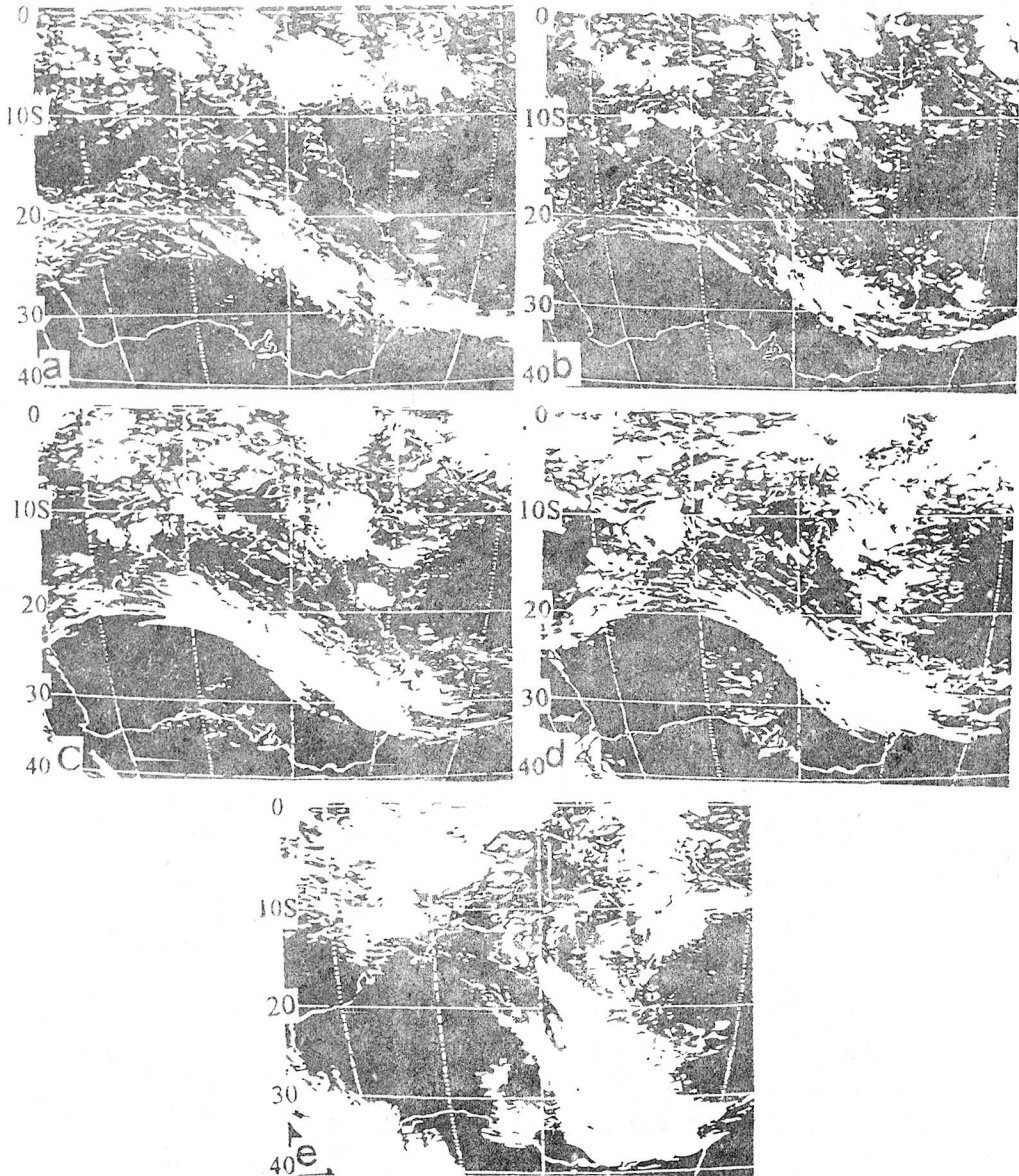


图1 1990年4月16—18日热带云涌-冷锋尾流锋生过程的云系演变

- a. 云涌前期(16日11时30分); b. 云涌开始阶段(16日20时30分);
- c. 云涌发展阶段(17日2时30分); d. 云涌爆发阶段(17日08时30分);
- e. 云涌减弱阶段(18日23时30分)

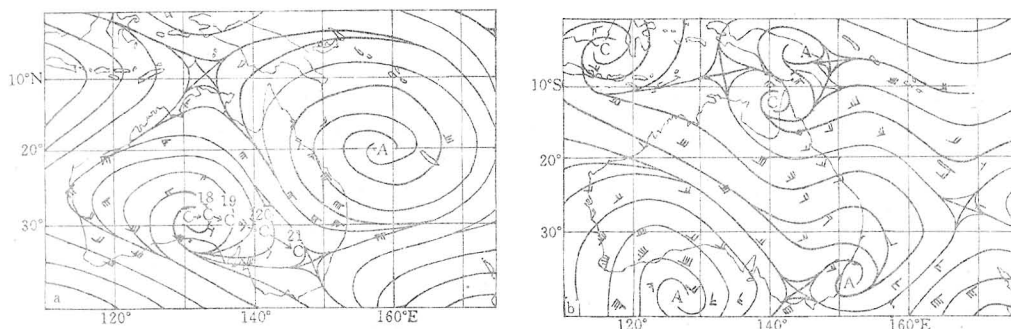


图2 1990年4月17日00时500hPa流场、低压动态(a)和850hPa流场(b)

2.1 环流特征

以1994年6月27日—7月2日一次过程为例进行分析。

500hPa图上(图3a),中纬度主槽已移出澳大利亚大陆,位于东部沿海。澳大利亚南部洋面上为强大而稳定的阻塞长波脊。澳大利亚东南部地区为一横槽区,横槽位于悉尼上空。从时间剖面图来看(图略),该横槽北移缓慢,从6月26日至7月1日一直维持在35—30°S之间。横槽冷堆的维持,有利于小股冷空气沿阻塞脊的东部持续北侵,使地面高压稳定在澳大利亚东南部少动。从空间结构来看(图略),700hPa上澳大利亚东南部的横槽活动也很明显,但切变环流明显减弱。850hPa上,高压环流控制着澳大利亚大陆大部地区,澳大利亚东岸沿海为南北范围宽广的高压北侧的偏东气流。在对流层上层,则为一致的强烈的偏西气流。

从地形形势来看,对应于澳大利亚东南部充分发展的500hPa横槽冷堆,在地面图上常常并不反映为地面低压,而是表现为一个与之有关的高压北翼的东风气流中的低槽(图3b)。这支东风气流来自冬季西南太平洋洋面,输送来丰富的水汽和热量,遇澳大利亚东岸山地地形的抬升及受中高纬北侵的冷空气的激发,辐合上升,造成澳大利亚东南部对流性回流降水天气。

另外,在回流降水期间,澳大利亚东南部

地区一直处在地面阻高的东北部。由于地形作用和日变化的影响,地面图上沿海各站(如悉尼)并非持续吹偏东风,而是有时偏东风,有时以偏西风、西南风为主。

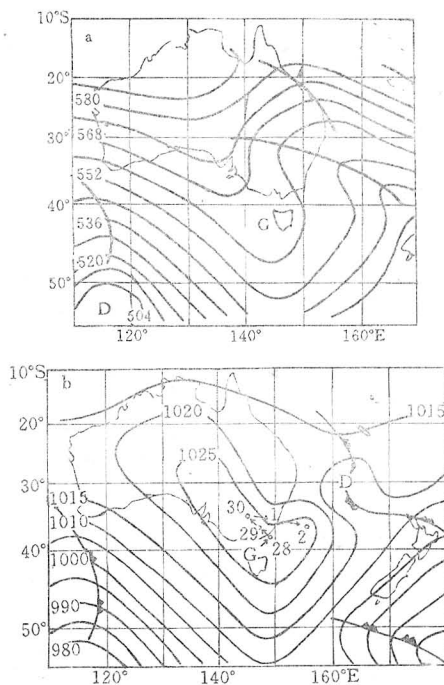


图3 1994年6月27日12时500hPa(a)和地面(b)形势图

2.2 云型特点

在阻塞反气旋北侧回流降水过程中,澳大利亚东南沿岸地区为成片的色调灰暗的云系,主要由中、低云组成。有时云形呈东北—

西南走向的带状,与东南沿岸地形分布近似平行(图略)。

3 小结

3.1 热带云涌-冷锋尾流气旋锋生过程和冬季阻塞反气旋北侧回流降水过程是澳大利亚东南部地区持续性降水的主要特点。前者可引发大到暴雨;后者常表现为小到中雨天气。

3.2 500hPa 延伸槽和切断低涡的持续存在既是冷锋尾流存在和加强的背景条件,同时,其前部的偏北气流又是热带云涌的驱动力;低层倒槽区的配置,有利于水汽、热量、涡动的向南输送,锋生作用导致地面气旋生成。

3.3 热带云涌-冷锋尾流气旋锋生过程在云型演变上阶段性特征十分明显。

3.4 澳大利亚东南部上空 500hPa 横槽(或切断低压)冷堆的持久维持,是冬季阻塞反气旋北侧回流降水的主要特征。低层为高压北侧的东风气流,地面上有东风倒槽与之对应。

参考文献

- 1 Roger K. Smith, Roger N. Ridley. Subtropical continental cold fronts. *Aust. Met. Mag.*, 1990, 38: 90-120.
- 2 Baines, P. G.. The dynamics of the southerly buster. *Aust. Met. Mag.*, 1980(28):175-200.
- 3 Baines, P. G., A survey of blocking mechanisms, with application to the Australian region. *Aust. Met. Mag.*, 1983(31):27-36.
- 4 Foley, J. C.. 500hPa contour patterns associated with the occurrence of widespread rains in Australia. *Aust. Met. Mag.*, 1956(13):1-18.
- 5 R. Srikanthan and B. J. Stewart. Analysis of Australian rainfall data with respect of climate variability and change. *Aust. Met. Mag.*, 1991, 39:46-71.
- 6 X. - G. Zhang and T. M. Casey. Long-term variations in the southern oscillation and relationships with Australian rainfall. *Aust. Met. Mag.*, 1992, 40: 211 - 228.
- 7 Garratt, J. R.. Summer cold fronts in south-east Australia-behaviour and low-level structure of main frontal types. *Mon. Weath. Rev.*, 1988, 116: 636 - 649.
- 8 Glen Perrin and Ian Simmonds. The origin and characteristics of cold air outbreaks over Melbourne. *Aust. Met. Mag.*, 1995, 44:64-82.
- 9 A. J. Pitman, F. Gorgi and A. Henderson-Sellers. Southeast Australia's wintertime precipitation: Sensitivity of climate predictions to model resolution. 1991, 39:114-136.
- 10 丁一汇. 高等天气学. 北京:气象出版社, 1991: 336-338.
- 11 中国人民解放军总参谋部气象局. 南半球天气学. 1975, 116-231.

Analysis on Sustained Raifall Events in the Southeast of Australia

He Lifu

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

Using tropical weather charts, GMS satellite cloud pictures and ECMWF grid-point wind data, two kinds of typical sustained raifall events in the southeast of Australia: cyclonic frontogenesis process caused by tropical cloud surge-cold front wake interaction and return flow rainfall process in the north side of blocking anti-cyclone, were analysed with different methods. The basic features of the two cases were given in terms of cloud patterns, circulation and tropical flow field. The results can be used as reference in the operational prediction.

Key Words: sustained rainfall cloud surge frontogenesis