

DOI:10.7522/j.issn.1000-0240.2018.0303

WANG Yicheng, XIE Aihong, DING Minghu, et al. Extreme low temperature events in Dome A, Antarctica, simulated by Polar Weather Research and Forecasting Model[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2020, 42(3):727-733. [王一丞, 谢爱红, 丁明虎, 等. 基于 Polar WRF 的南极 Dome A 极端低温事件分析[J]. 冰川冻土, 2020, 42(3):727-733.]

基于 Polar WRF 的南极 Dome A 极端低温事件分析

王一丞^{1,2,3}, 谢爱红¹, 丁明虎⁴, 效存德⁵

(1. 中国科学院西北生态环境资源研究院 冰冻圈科学国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020; 4. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 5. 北京师范大学

地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875)

摘要: 南极作为地球的寒极, 其最高点 Dome A 地区于 2013 年 8 月 1 日气温达到 $-93.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极低值。利用 Polar Weather Research and Forecasting (Polar WRF) 3.8.1 模式, 对发生在南极 Dome A 地区的 3 次极端低温事件进行数值模拟分析。通过与自动气象站实测数据对比验证, 模拟效果较为理想。结果表明: 印度洋和大西洋交界区域的高压加强, 其高压脊开始向南极内陆延伸, 导致 Dome A 地区气压升高, 使得该地区天气晴好, 云量极低, 为极端低温事件发生奠定基础; 同时, 南极中心冷涡加强, 长时间的冷平流和稳定的逆温层为 Dome A 地区提供了足够的降温条件, 并且加强了夜间辐射降温效应, 稳定的垂直场、极低的向下长波辐射使得 Dome A 地区的极端低温事件得以维持。

关键词: 南极; Dome A; 极端低温; Polar WRF 模式

中图分类号: P412.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2020)03-0727-07

0 引言

《IPCC 第五次评估报告》指出, 从 1880 年到 2012 年, 全球地表平均温度大约升高了 $0.85\text{ }^{\circ}\text{C}$; 并且陆地比海洋增温快, 高纬度地区比中低纬度地区增温幅度大, 冬半年比夏半年增温更明显^[1]。极地气候系统作为地球系统的重要组成部分, 是气候变暖的“放大区”, 正在经历着剧烈的变化^[2-8]。因此, 了解极地区域气候发生的变化及其成因, 研究极地与其他区域的复杂的相互作用及其机制, 已经成为目前急需解决的科学问题。然而, 由于极地区域观测稀少, 人们对极地天气与气候过程的了解仍较为不足。为加深对极地气候变化和极端事件成因的理解, 提高极地气候变化和极端事件的预测能力, 一系列国际合作计划正在酝酿和推进^[9]。目前而言, 模式预报模拟是研究极地天气与气候的最佳方案之一^[10-12]。

科学家们已经使用不同模式对南北极的一些极端天气过程展开了研究, 杨清华等^[13]对南极的雪暴过程进行了研究, Turner 等^[14]利用 UK Metoffice 模式对南极的大风天气进行了研究, Steinhoff 等^[15]通过 Polar Weather Research and Forecasting (Polar WRF) 研究了南极的下降风, Nicolas 等^[6]和 de Los Milagros Skansi 等^[16]通过 ERA-interim 再分析资料研究了南极的极端高温事件。近年来, Polar WRF 被用于研究极地云变化、评估南极极端最高温度、海冰对北极辐射的影响、高纬度大气环流异常、极地区域降水等极地区域的天气气候变化, 其模拟效果已经被广泛认同^[17-25]。

然而, 在全球变暖的大背景下, 关于南极极端低温事件的模拟研究鲜有报道。作为地球上的寒极, 南极极端低温异常事件的发生, 具有重要的研究意义。因此, 本文通过使用 Polar WRF 模式对南极内陆最高点 Dome A 出现的一次极端低温事件,

收稿日期: 2017-12-28; 修订日期: 2018-02-18

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41671073; 41476164; 41425003)资助

作者简介: 王一丞(1993-), 男, 甘肃武威人, 助理工程师, 2018 年在中国科学院西北生态环境资源研究院获硕士学位, 从事天气研究。

E-mail: wangyc_climate@163.com

通信作者: 谢爱红, 副研究员, 从事南极天气气候研究. E-mail: xieaih@lzb.ac.cn.

从天气形势及气象要素上进行分析,初步探讨这类事件的发生机理。

1 观测的极端低温事件

Dome A 区域是南极大陆冰盖海拔最高的区域,是进行南极冰芯研究、气象观测等工作的理想区域。分析 Dome A 自动气象站 2005 – 2014 年的日平均气温观测数据发现,在 2005 年 7 月 30 日、2008 年 8 月 31 日及 2013 年 8 月 1 日, Dome A 发生了极端低温事件,尤其是 2013 年 8 月 1 日凌晨,出现了 -93.0°C 的极端低温记录(记录为 Landsat 8 卫星观测数据,主要由于此次事件较为特殊,自动气象站未观测到,但已有科学家对该次事件进行了报告),接近 1967 年初在南极点附近观测的 -94.5°C 的地球最低气温的记录(挪威科学家测得^[26])。本文选取 2013 年 8 月 1 日出现的极端低温事件作为主要模拟对象,分析其成因。

2 模式和资料简介

Polar WRF 模式是俄亥俄州立大学伯德极地气候研究中心极地气象组对天气研究与预报模型(Weather Research and Forecasting Model, WRF)进行修改,主要用于极地地区的天气研究和预报的中尺度模式。2008 年至今, Polar WRF 通过在格陵兰岛、北冰洋、南极地区进行模拟评估,逐步改进,已经能够较好地模拟南北极的天气变化过程。该模式采用可压缩、欧拉、非静力平衡模式,同时有静力平衡选项、控制方程组为通量模式,采用地形跟随静压垂直坐标系,水平网格采用 Arakawa-C 交错格式,模式顶层气压为常数^[21-22]。关于 Polar WRF 的具体介绍可参见 Bromwich 等^[23]、Hines 等^[24-25]、Wilson 等^[26]。与全球模式相比较,有限区域模式 Polar WRF 在极地区域的模拟能力明显较强,误差较小,对大气环流的反应较好,能够更好描述极地区域复杂的天气形势和极端事件,成为研究极地地区天气和气候强有力的工具。

本文使用 Polar WRF 3.8.1 模式,采用单层网格,选取 60°S 以南地区为模拟区域(图 1), 191×191 格点,中心点位于南极点(90°S , 0°E),水平分辨率为 50 km,积分步长为 180 s。模式垂直方向分为 44 个 sigma 层,最底层约为 8 m,最高层为 10 hPa。模式选用微物理参数方案为 Thompson 方案,边界层参数方案为 ACM2 方案,积云参数化方案为

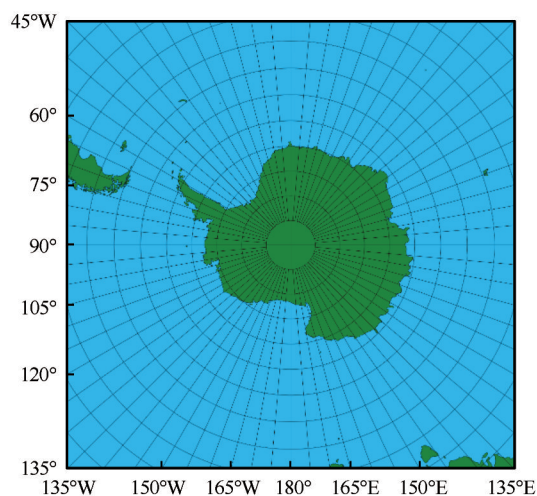


图 1 Polar WRF 模拟区域

Fig. 1 The area and gridding simulated by Polar WRF

Bets-Miller-Janjic 方案,辐射参数方案分别为长波选择 RRTM 方案和短波选择 CAM 方案(该套参数化方案已经经过实验分析,模拟冬季南极大陆天气的效果较好^[27])。

模式的初始场和侧边界条件为 ECMWF 提供的 ERA-Interim 再分析资料($0.75^{\circ}\times 0.75^{\circ}$),侧边界每 6 h 输入 1 次。地形数据来自美国地质勘探局(USGS),为全球 30 s 分辨率。模拟时间为 2013 年 7 月 28 日 – 8 月 5 日,以及 2005 年 7 月 26 日 – 8 月 3 日、2008 年 8 月 27 日 – 9 月 4 日,即每次模拟极端低温事件前后共 9 d,模拟结果人为去除每次模拟不稳定的前 12 h 的结果。考虑到差值带来的不确定性,在分析气象要素时,使用距离 Dome A (80.19°S , 77.28°E) 所在的格点 (80.33°S , 76.33°E) 中心值近似代表 Dome A,两者海拔相差 4.7 m,水平距离相距约 23.7 km。

3 模拟结果分析与讨论

3.1 模拟效果检验

在极端低温事件发生时, Dome A 自动气象站测得温度呈现异常状态(与卫星观测的同时期数据相比,临近站点 Dome F、Vostok 站均有此次极端低温的记录),但是无法准确反映极端低温事件发生时的温度变化情况,所得数据能够大体上反映极端低温事件发生前后的气象变化。在低温环境中自动气象站受本身条件限制,所测的相对湿度与实际状况往往相差较大,故不将其与模拟值对比分析。将地面气象观测所得的温度、气压数据与模拟结果对比分析可见(图 2),模拟结果能够较好地反映此

次极端低温事件发生前后的气象要素变化,在温度方面模拟结果很好的模拟出了快速降温过程,但是与观测记录相比,模拟结果最低温度偏高、降温过程滞后 3 h,滞后原因主要是由于所选的格点在 Dome A 自动气象站的东南方向,受到来自西北方天气系统的影响晚于自动气象站区域;在极端低温事件期间,模拟气压略高于实测气压,但是两者整体趋势相似,相关系数为 0.83(置信度为 95%),偏差产生的原因可能与地形差异有关。另外,由于本次模拟网格设置与再分析资料相差较大,全部格点的模拟评估需插值对比,而插值会引入新的较大误差,因此,本文不做此方面评估,关于 Polar WRF 的大范围模拟效果评估可参见文献[27]。总体而言,本次模拟结果基本体现了极端事件发生前后主要特征,模拟效果较为理想。

3.2 高空和地面天气形势

由 500 hPa 位势高度图(图 3)可见,极端低温事件前,正常状态(由于天气状态在不同年份同一时间各不一致,故本文中正常状态指极端事件发生前、气象要素无突变的时间内的情况)下,在 500 hPa 环流场中,南极冷涡非常强盛,在南极内陆占主导地位,其他高压系统如南美高压、南太平洋高压、南大西洋副热带高压等均处于南极大陆外

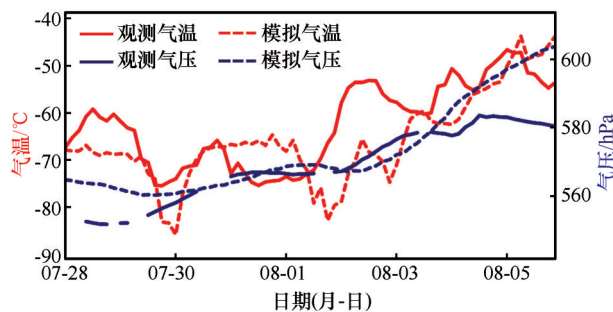


图2 2013年7月28日–8月5日 Dome A 地区的气温 T 、气压 P 实测与模拟对比情况(实线为观测值,虚线为模拟值)

Fig. 2 Time series of temperature and pressure, observed (solid line) and simulated (dotted line) from July 28 to August 5, 2013

围。在极端低温事件发生时,来自印度洋和大西洋交界区域的高压加强,其高压脊开始向南极内陆延伸,压迫南极低涡,将南极低涡的一部分分割,迫使其向南极大陆外侧、向印度洋方向移动,形成孤立的低压中心。在此次天气过程中,南极冷涡不再强盛,而是被分割成两强一弱且偏离南极大陆的低压中心。极端低温事件正发生于印度洋方向的高压脊被切断后刚刚形成孤立的低压中心之时。当印度洋方向孤立的低压中心的消散,南极冷涡再次恢复强盛,重新占据主导地位,极端低温事件结束。

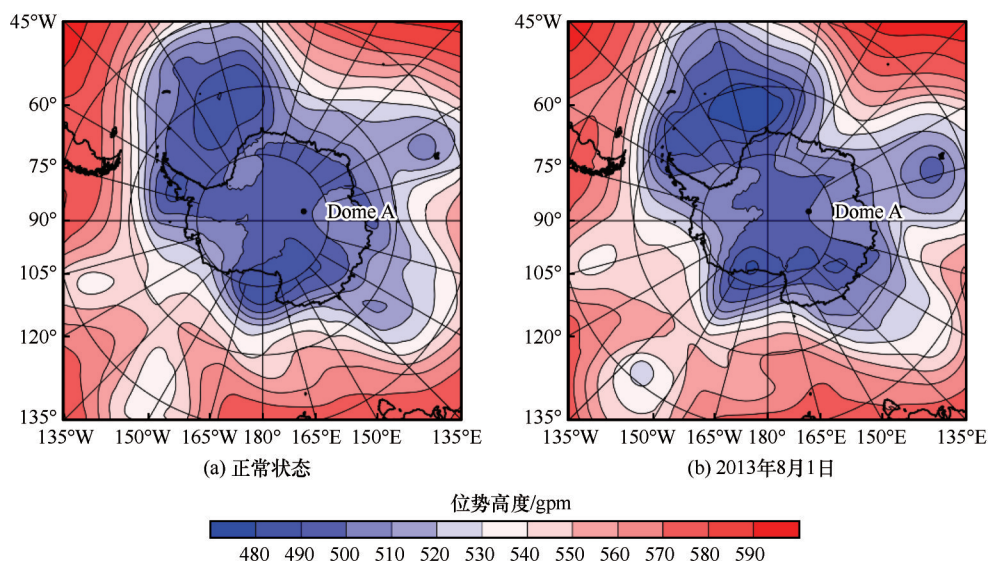


图3 500 hPa 位势高度场
Fig. 3 500 hPa geopotential height field: normal condition (a) and on August 1, 2013 (b)

由地面天气形势(图 4)可见,极端低温事件发生前,南极大陆内气压分布较为均匀,整体表现为纬度越高气压越低,偶有来自大陆边缘的天气系统

的扰动,但是扰动范围无法深入南极大陆内。极端低温事件发生时,大西洋、印度洋交界方向的高压脊强势突入,其影响范围已经到了南极大陆中心,

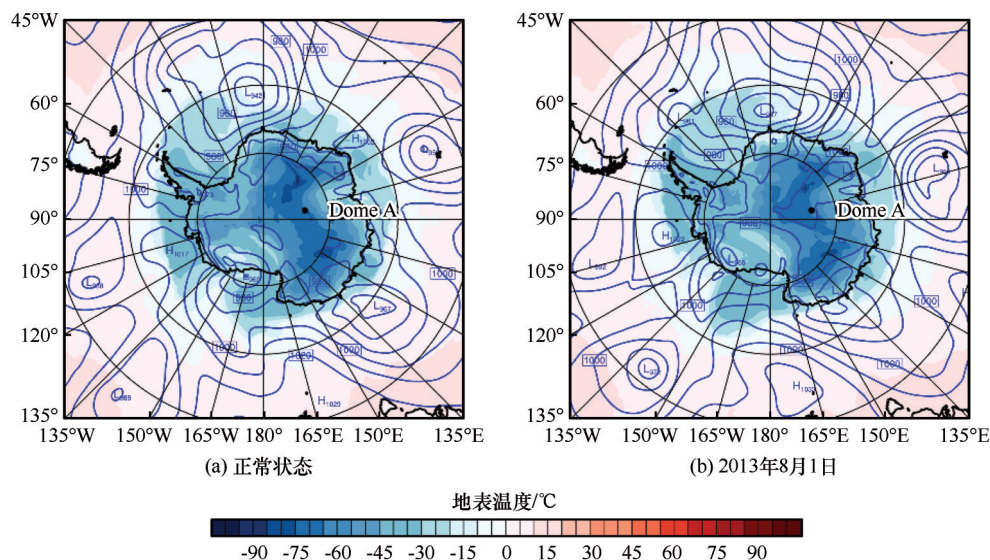


图4 地面温压场(左: 正常状态, 右: 2013年8月1日)

Fig. 4 Surface temperature and pressure fields: normal condition (left) and on August 1, 2013 (right)

使得受其影响的东南极区域气压升高。在极端低温事件发生时, 整个南极的温度都呈现了不同程度的下降, 南极大陆中心冷涡势力增强, 冷气团范围扩大, 冷空气爆发, 使得原本围绕在南极大陆的几个天气系统外移。

3.3 地面气象要素变化

由于受到高压脊的影响, 在该次极端低温事件发生期间, 气压和风速都出现了较大的波动: 自2013年7月31日00:00(世界时, 下同)开始, 气压一直呈现增加趋势, 在8月1日12:00达到一个峰值(569.1 hPa), 之后呈现下降趋势。风速的变化

则与气压变化形势呈现负相关, 从7月31日起, 风速逐渐减小, 这是由于高压控制下大气结构趋于稳定, 当极端低温事件发生时, 风速几乎降为0, 之后随着高压脊逐渐消散, 低层大气不再稳定, 风速逐渐增加。气压的快速变化直观反映了来自印度洋、大西洋交界处的高压脊的深入南极大陆、南极冷涡重新占据南极内陆的过程, 在极端事件发生时 Dome A 正好处于高压脊延生的范围之内, 处于高压控制, 天气晴好、少云, 使得云层的保温效应减小, 为这次事件的发生提供了有利的条件(图5)。

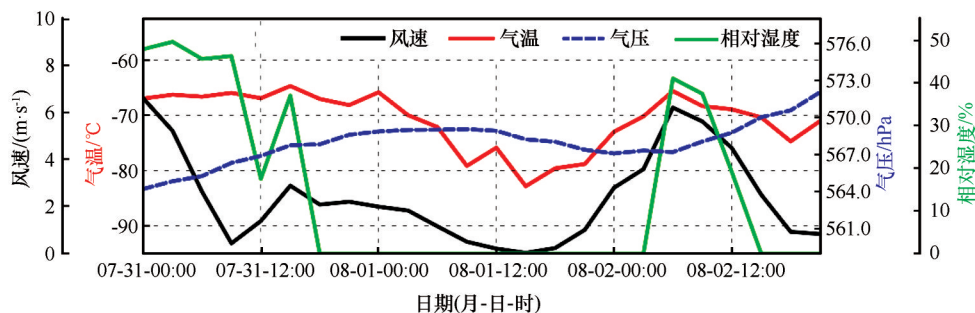


图5 2013年7月31日00:00–8月3日00:00 Dome A气象要素变化(红色实线为风速, 红色虚线为气压, 紫色实线为温度, 紫色虚线为相对湿度)

Fig. 5 Time series of meteorological elements at Dome A from July 31 to August 2, 2013, including wind speed (black line), pressure (blue line), temperature (red line), and relative humidity (green line)

气温和相对湿度变化呈“U”字型, 先快速下降, 然后小幅波动, 最后快速上升。从7月31日18:00开始, Dome A相对湿度几乎下降为零, 使得降温开始时大气中没有潜热释放, 辐射降温和平流

降温叠加, 加剧了降温幅度。

3.4 动力学特征分析

由热力学能量方程可知, 气温的局地变化表示为:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y}\right) + w(r_d - r) + \frac{1}{c_p} \frac{dQ}{dt} \quad (1)$$

式中: T 为温度; t 为时间; u 、 v 分别为经向、纬向风速; x 、 y 分别为经向、纬向间距; w 为垂直方向风速; $r_d = \frac{dT}{dz}$ 为干绝热递减率; $r = \frac{\partial T}{\partial z}$ 为环境温度递减率; c_p 为比定压热容; Q 为单位质量空气的热量。

由于极端低温事件发生时, Dome A 上空存在强大的逆温层(图略), 大气垂直运动近似为零, 故此次温度的快速变化主要由温度平流和非绝热变化, 即公式右边的第一项和最后一项。天气学研究表明, 湿度、风、云等非绝热因子对气温有较大的

影响, 水汽能吸收长波辐射, 增加空气的热量, 使温度不易降低, 而此次极端低温事件发生时, 相对湿度极低, 为该次事件的发生提供了有利条件, 而温度的非绝热变化主要是由气温的日变化和气团变性引起, 但是气团变性无法导致气温快速变化, 因此此次极端低温事件主要原因是温度平流和辐射降温。

由模拟的地面温度平流分布(图6)可知, 从2013年7月31日12:00开始, 几乎整个南极大陆处于冷平流区, 直到极端降温事件发生时, Dome A 地区依旧处于冷平流区, 长时间的冷平流促使 Dome A 地区持续降温。

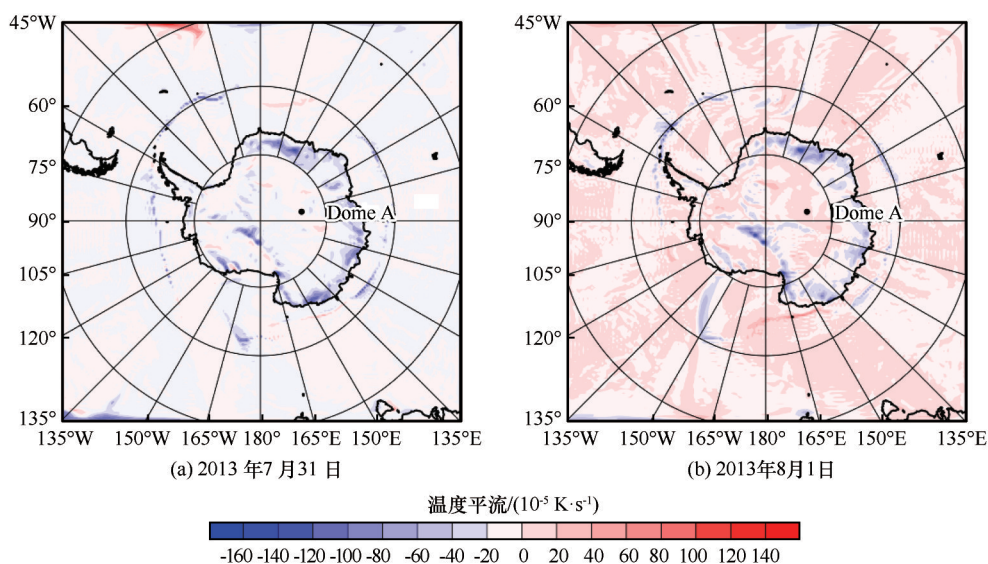


图6 2013年7月31日(a)、8月1日(b)模拟的地面温度平流

Fig. 6 The simulated surface temperature advection fields on July 31 (a) and August 1 (b), 2013

由模拟的地面向下长波辐射分布(图7)可知, Dome A 地区出现了向下长波辐射低值区, 说明在冷平流的同时, 研究时段内的向下长波辐射较弱, 地面吸收的热量少, 使其维持低温天气, 同时, 极低的向下长波辐射有利于近地面层的辐射冷却。分析 Dome A 上空的垂直速度场可知, 此次极端低温过程中高层大气无强乱流, 近地面层空气混合不强, 上下层空气热量交换不显著, 从而有利于夜间辐射降温。

另外, 在对2005年7月30日、2008年8月31日的极端低温事件进行模拟分析的各方面, 均与2013年8月1日的极端低温事件在各个方面呈现相同的变化情况, 仅在变化强度上有所区别, 因此不在本文中详细分析这两次极端事件。

4 结论

应用 Polar WRF 模式, 结合常规自动气象站观测资料, 对2005年7月30日、2008年8月31日及2013年8月1日三次极端低温事件过程在地面和高低空天气形势、气象要素、大气水平和垂直结构演变等方面进行分析和讨论, 得出以下主要结论:

(1) 500 hPa 位势高度场显示, 印度洋和大西洋交界区域的高压加强, 其高压脊开始向南极内陆延伸, 控制 Dome A 地区导致气压升高, 是极端低温事件发生的先决条件。

(2) 地面温压场显示, 正常状态下随纬度增高气压下降的趋势被外部扰动打破, 南极中心冷涡加强, 高压控制下的 Dome A 地区天气晴好, 云量极低, 为极端低温事件的形成提供了便利条件。

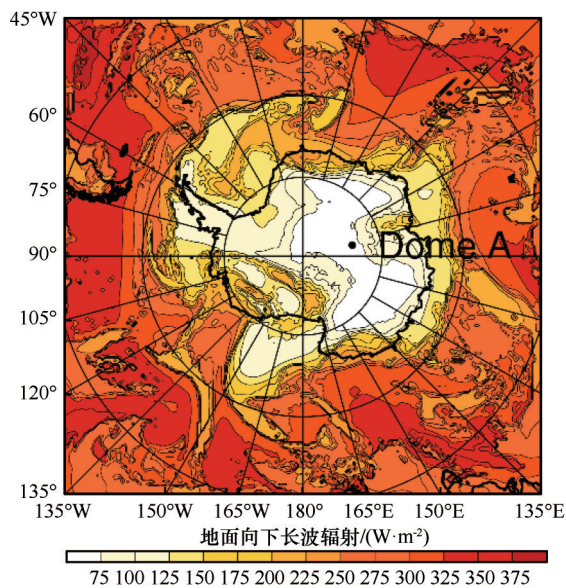


图7 2013年8月1日地面向下长波辐射分布

Fig. 7 The simulated downward long wave radiation distribution on August 1, 2013

(3) 地面温度平流场证明,长时间的冷平流和稳定的逆温层为 Dome A 地区提供了足够的降温条件,并且加强了夜间辐射降温效应,使得极端低温事件的发生成为可能。

(4) 垂直运动场、地面向下长波辐射分布场进一步证明,稳定的垂直场、极低的向下长波辐射使得 Dome A 地区的极端低温事件得以维持。

参考文献(References):

- [1] Shen Yongping, Wang Guoya. Key findings and assessment results of IPCC WGI Fifth Assessment Report[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2013, 35(5): 1068 – 1076. [沈永平, 王国亚. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1068 – 1076.]
- [2] Allison I, Wendler G, Radok U. Climatology of the East Antarctic ice sheet (100° E to 140° E) derived from automatic weather stations[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 1993, 98(D5): 8815 – 8823.
- [3] Brunet M, Jones P D, Sigró J, et al. Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850 – 2005 [J]. Journal of Geophysical Research, 2007, 112(D12): 1 – 10.
- [4] Ding Minghu, Xiao Cunde, Li Yuansheng, et al. Spatial variability of surface mass balance along a traverse route from Zhongshan Station to Dome A, Antarctica[J]. Journal of Glaciology, 2011, 57(204): 658 – 666.
- [5] Ma Yongfeng, Bian Linggen, Xiao Cunde, et al. Near surface climate of the traverse route from Zhongshan Station to Dome A, East Antarctica[J]. Antarctic Science, 2010, 22(4): 443 – 459.
- [6] Nicolas J P, Vogelmann A M, Scott R C, et al. January 2016 extensive summer melt in West Antarctica favoured by strong El Niño[J]. Nature Communications, 2017, 8: 15799.
- [7] Bian Linggen, Xue Zhengfu, Lu Changgui, et al. Short term climate of the Larsemann Hills[J], Chinese Journal of Polar Research, 1998, 10(1): 37 – 46. [卞林根, 薛正夫, 逯昌贵, 等. 拉斯曼丘陵的短期气候特征[J]. 极地研究, 1998, 10(1): 37 – 46.]
- [8] Chen Bailian, Zhang Renhe, Xiao Cunde, et al. Analysis on the air and snow temperatures near ground with observations of an AWS at Dome A, the summit of Antarctic Plateau[J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55(14): 1430 – 1436. [陈百炼, 张人禾, 效存德, 等. 东南极 Dome A 近地面气温及雪层温度的观测研究[J]. 科学通报, 2010, 55(11): 1048 – 1054.]
- [9] Chen Liqi. Study on the role of the Arctic and Antarctic regions in global change[J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9(2): 245 – 253. [陈立奇. 南极和北极地区在全球变化中的作用研究[J]. 地学前缘, 2002, 9(2): 245 – 253.]
- [10] Rolland C. Spatial and seasonal variations of air temperature lapse rates in Alpine regions[J]. Journal of Climate, 2010, 16(7): 1032 – 1046.
- [11] Shine K P, Bourqui M S, Forster P M D F, et al. A comparison of model-simulated trends in stratospheric temperatures[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2010, 129(590): 1565 – 1588.
- [12] Trenberth K E, Fasullo J T, Mackaro J. Atmospheric moisture transports from ocean to land and global energy flows in reanalyses[J]. Journal of Climate, 2011, 24(18): 4907 – 4924.
- [13] Yang Qinghua, Yin Zhaohui, Zhang Lin, et al. A case study on snow storm at Great Wall Station, Antarctica[J]. Chinese Journal of Polar Research, 2010, 22(2): 141 – 149. [杨清华, 尹朝晖, 张林, 等. 南极长城站雪暴的个例研究[J]. 极地研究, 2010, 22(2): 141 – 149.]
- [14] Turner J, Lachlan-Cope T A, Marshall G J, et al. An extreme wind event at Casey Station, Antarctica[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2001, 106(D7): 7291 – 7311.
- [15] Steinhoff D F, Bromwich D H, Speirs J C, et al. Austral summer foehn winds over the McMurdo dry valleys of Antarctica from Polar WRF[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2015, 140(683): 1825 – 1837.
- [16] de Los Milagros Skansi M, King J, Lazzara M A, et al. Evaluating the highest temperature extremes in the antarctic[J]. Eos, 2017, 98(5): 18 – 23.
- [17] Bromwich D H, Otieno F O, Hines K M, et al. Comprehensive evaluation of polar weather research and forecasting model performance in the Antarctic[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2013, 118(2): 274 – 292.
- [18] Nigro M A, Cassano J J, Wille J, et al. A Self-organizing map based evaluation of the Antarctic mesoscale prediction system using observations from a 30-m instrumented tower on the Ross Ice Shelf, Antarctica[J]. Weather & Forecasting, 2017, 32(1): 223 – 242.
- [19] Wilson A B, Bromwich D H, Hines K M. Evaluation of Polar WRF forecasts on the Arctic System Reanalysis domain: 2. atmospheric hydrologic cycle [J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2012, 117(D4): 1 – 20.
- [20] Goodwin B P, Mosleythompson E, Wilson A B, et al. Accumulation variability in the Antarctic Peninsula: the role of large-scale atmospheric oscillations and their interactions[J]. Journal of Climate, 2015, 29(7): 2579 – 2596.
- [21] Nigro M A, Cassano J J, Wille J, et al. A self-organizing-map-based evaluation of the Antarctic mesoscale prediction system

- using observations from a 30-m instrumented tower on the Ross Ice Shelf, Antarctica[J]. *Weather and Forecasting*, 2017, 32(1): 223–242.
- [22] Bromwich D H, Hines K M, Bai L S. Development and testing of polar weather research and forecasting model: 2. Arctic Ocean [J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2009, 114(D8): 1–22.
- [23] Hines K M, Bromwich D H. Development and testing of Polar Weather Research and Forecasting (WRF) model. Part I: Greenland ice sheet meteorology [J]. *Monthly Weather Review*, 2008, 136(6): 1971–1989.
- [24] Hines K M, Bromwich D H, Bai L S, et al. Development and testing of Polar WRF. Part III: Arctic land [J]. *Journal of Climate*, 2011, 24(24): 26–48.
- [25] Wilson A B, Bromwich D H, Hines K M. Evaluation of Polar WRF forecasts on the Arctic System Reanalysis domain: surface and upper air analysis [J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2011, 116(D11): 1–18.
- [26] Wang Zongshan, Yao Jingxian, Long Baosen. Questions from ocean (marine meteorology) [M]. Qingdao: China Ocean University Press, 1998. [王宗山, 姚静娴, 龙宝森. 来自大海的疑问(海洋气象篇) [M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 1998.]
- [27] Ma Yongfeng. Evaluation of Polar WRF Simulations of Antarctic atmospheric circulation [D]. Beijing: Chinese Academy of Meteorological Sciences, 2012. [马永锋. Polar WRF 对南极地区天气过程的模拟试验研究 [D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2012.]

Extreme low temperature events in Dome A, Antarctica, simulated by Polar Weather Research and Forecasting Model

WANG Yicheng^{1,2,3}, XIE Aihong¹, DING Minghu⁴, XIAO Cunde⁵

(1. State Key Laboratory of Cryospheric Science, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China; 4. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China; 5. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Antarctica is the coldest continent on the earth. The temperature of the highest point in Antarctica, Dome A, has reached $-93.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Three extreme low temperature events are simulated through Polar Version 3.8.1 of the Weather Research and Forecasting Model (WRF). Compared with the observation of automatic weather station at Dome A, the simulated results are satisfactory. Diagnoses are made based on the simulation outputs. The following results were obtained: the enhancement of the high-pressure center between the Indian Ocean and the Atlantic Ocean and its high-pressure ridge stretching into Antarctic plateau led the pressure rising at Dome A and made this region fine and cloudless, which were the foundation for the extreme low temperature events; the enhancement of the Antarctic cold vortex, longstanding cold advection and stable thermal inversion layer provided enough cooling factors and strengthen the radiation cooling effect at night; stable vertical field and extremely low downward longwave radiation made the extreme cold events continue. However, more in-situ observations are required, especially in the vast interior of Antarctica.

Key words: Antarctica; Dome A; extreme low temperature events; Polar Weather Research and Forecasting Model

(责任编辑: 康世昌; 编辑: 周成林)