

司东,李修仓,任福民,等. 2011 年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,2012,38(4):480-489.

2011 年全球重大天气气候事件及其成因^{* 1}

司 东¹ 李修仓^{2,1} 任福民¹ 徐良炎¹ 袁 媛¹ 龚志强¹

1 国家气候中心,北京 100081
2 南京信息工程大学遥感学院,南京 210044

提 要: 2011 年,全球气温偏高,为有观测记录以来的第十个暖年,是近 60 年来出现拉尼娜事件的年份中全球气温最高的一年。2011 年,全球热带气旋活动较常年偏少。4 月,一次拉尼娜事件结束,9 月又一次拉尼娜事件生成。年初,低温、寒流席卷亚洲大部,暴风雪频繁袭击北美地区。西欧和中国东部出现严重春旱。夏季,非洲东部经历了 20 世纪 80 年代以来最严重的干旱,而东南亚、巴基斯坦和中南美洲洪涝灾害严重。全球极端偏暖事件主要出现在欧洲西部和西北部、南亚南部、东亚中西部、北美东南部等地;极端偏冷事件主要出现在东亚、澳大利亚、非洲南部和美国东北部和西部等地。而南美中东部、东南亚及中国东南部、日本、澳大利亚北部、非洲西部等地出现了极端强降水事件。研究发现,2010/2011 年拉尼娜事件和台风活动是导致东南亚洪涝出现的重要原因,而巴基斯坦洪涝主要与印度洋正位偶极型海温分布有关。

关键词: 全球表面气温, 拉尼娜, 暴风雪, 洪涝, 热带气旋

Global Significant Weather and Climate Events in 2011
and the Possible Causes

SI Dong¹ LI Xiucang^{2,1} REN Fumin¹ XU Liangyan¹ YUAN Yuan¹ GONG Zhiqiang¹

1 National Climate Centre, Beijing 100081
2 School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

Abstract: Year 2011 has been the tenth warmest year on record, and has likely been warmer than any previous La Nina years. Global tropical cyclone activity was below average in 2011. The La Nina event came to the end in April 2011, and a new event occurred in September 2011. In early 2011, extreme low temperature and cold waves blanketed most Asian and consecutive snow storms hit North America. Severe droughts occurred in West Europe and East China in spring. During summer, eastern Africa suffered the most severe drought since the 1980s, while rain storms and floods raided Southeast Asia, Pakistan and Central and South America. The central type La Nina event, together with the frequent typhoon activities, resulted in the flood in Southeast Asia. And the positive phase of the Indian Ocean Dipole (IOD) may be an important external forcing impacting the flood in Pakistan.

Key words: global surface air temperature, La Nina, snow storm, flood, tropical cyclone

引 言

一年一度的《世界气象组织全球气候状况声明》

临时版指出,2011 年(1—10 月)全球温度是有记录以来第十高年,并高于以往任何一个出现拉尼娜事件的年份。13 个最暖的年份均发生在自 1997 年以来分散的 15 年中。2011 年北极海冰面积成为有记

^{*} 国家重点基础研究发展(973)计划(2010CB950404 和 2012CB955203)、国家科技支撑计划课题(2007BAC03A01 和 2009BAC51B02)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006009)共同资助
2012 年 1 月 16 日收稿; 2012 年 3 月 2 日收修定稿
第一作者: 司东,主要从事气候监测诊断工作. Email:sidong@cma.gov.cn

录以来第二最小年,而海冰量却达到最低。2011 年的全球气候受到强拉尼娜事件的严重影响,该事件于 2010 年下半年在热带太平洋形成,并一直持续到 2011 年 4 月。这是过去 60 年来最强的拉尼娜事件之一,与东非、赤道太平洋中部岛屿和美国南部的干旱以及非洲南部、澳大利亚东部和南亚的洪涝密切相关^[1]。

本文着重对刚刚过去的 2011 年全球发生的一些重大天气气候事件进行综述,同时分析一些重大气候事件的成因。使用的资料包括:NCEP/NCAR 再分析资料、NOAA 卫星观测的向外长波辐射(OLR)资料 and OISST 海表温度资料以及国家气象信息中心、国家气候中心 GDCN1.0 数据集和美国国家气候资料中心提供的全球逐日最低气温、最高气温和降水量资料。

1 全球重大天气气候事件分述

1.1 2011 年是拉尼娜年中气温最高的一年

2011 年(1—10 月),全球表面平均气温为 14.4℃,较常年(1961—1990 年平均)偏高 0.4℃左右,为有观测记录以来的第十个暖年(图 1)。2011 年全球多数地区的气温都普遍高于常年,其中俄罗斯北部的气温比常年平均值高 4℃,中美洲地区也经历了 140 年以来气温最高的一年。此外,2011 年还是近 60 年以来出现拉尼娜事件的年份中全球气

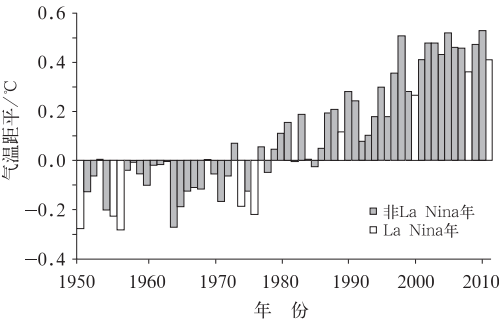


图 1 1950—2011 年(1—10 月)全球表面气温距平序列(单位:℃)
(引自 WMO^[1])

Fig. 1 Time series of the global combined sea surface and land surface air temperature (January–October mean) anomalies from 1950 to 2011 (unit: °C)
(Adopted from WMO^[1])

温最高的一年^[1]。

1.2 4 月一次拉尼娜事件结束,9 月又一次事件生成

2010 年 7 月,赤道中东太平洋拉尼娜事件形成,该事件在 2010 年 10—12 月达到最强,Nino Z 区(国家气候中心业务定义为 Nino 1、2、3 和 4 区的综合区域)的海表温度距平达 -1.5℃。2011 年 1 月以后,赤道中东太平洋海表温度距平迅速上升,4 月 Nino Z 区的海表温度距平为 -0.4℃,尚未达到变动超过 -0.5℃ 的标准,表明拉尼娜事件已于 2011 年 4 月结束^[2]。之后,赤道中东太平洋海表温度整体上接近正常状态。8 月,赤道中东太平洋海表温度的负距平又开始逐步加强,并扩大。到了 9 月 Nino Z 区的海表温度距平再次超过 -0.5℃,并在 10—11 月得到加强,表明又一次拉尼娜事件在赤道中东太平洋形成^[3]。

1.3 寒流席卷亚洲大部,暴风雪频繁袭击北美

1 月上旬,美国南部和东北部遭遇暴风雪袭击,交通受阻,上千航班取消。2 月初,一场超大规模的暴风雪袭击了美国,超万架航班被取消,造成至少 12 人丧生,受影响的人口达到 1 亿人。2 月下旬,美国中西部地区再遭暴雪袭击,数百架航班被取消。

1 月上中旬,低温寒流席卷亚洲大部,寒冷天气导致印度至少 129 人死亡,孟加拉国 12 人死亡,俄罗斯东北部出现 -60℃ 低温,日本连降暴雪,韩国出现 -17℃ 低温。2 月上中旬,暴雪袭击韩国、朝鲜,局部地区积雪达 1 m,估计韩国经济损失 70 亿韩元。2 月中旬,中国南方地区出现低温雨雪天气^[4-6]。

7 月初,寒流袭击南美洲多个国家,造成 10 多人死亡和数千人受灾。7 月中旬,玻利维亚遭遇近 20 年的最严重的暴风雪,致使数千民众被困。8 月,新西兰遭遇 50 年一遇暴风雪,致 4 人受伤。

10 月底至 11 月初,美国东北部遭受历史同期罕见暴风雪袭击,造成至少 19 人遇难,航空、铁路出现大规模旅客滞留现象,300 多万户居民断电。12 月下旬,一场暴风雪席卷美国中部 5 个州,造成 6 人死亡,迫使多条高速公路关闭。

12 月中下旬,印度北部及东部连遭寒流侵袭,造成至少 128 人死亡。

1.4 美国和亚洲多国遭受高温热浪袭击

2 月初,澳大利亚悉尼经历了一周气温超过

30℃的日子,最高温度达到 41.5℃。

3月初,美国得克萨斯州高温引发多处林火,火灾面积超过 13 万英亩(面积单位,1 英亩=4046.9 m²)。

6 月上旬,美国多个州遭受高温热浪袭击,至少造成 7 人死亡,并引发特大山林火灾。7 月下旬,美国东部大部分地区遭遇高温热浪袭击,最高气温达 49℃,1.41 亿人口受到影响,64 人死亡。8 月,美国东南部与南部平原延续高温天气,造成至少 3 人死亡,引发 59 次山林大火,过火面积达 4000 多英亩,至少 50 栋住宅被烧毁。

7 月,高温袭击亚洲东部,日本连日高温,造成 4500 人中暑,8 人死亡,韩国全国出现高温天气,3 人因中暑死亡。8 月,中国南方出现大范围持续高温天气,四川叙永、贵州赤水连续 9 天日最高气温超过 40℃,并多次突破历史纪录。8 月上旬,伊拉克中部和南部大部分地区遭遇高温天气,1 日最高气温达 50℃。8 月中旬,日本遭遇持续高温天气,最高温达 38.7℃,全国有 35 人死亡,7000 多人中暑。

8 月下旬,法国遭遇高温天气,部分地区 20 日最高气温达 40℃。10 月上旬,英国遭遇高温天气,多地高温打破 100 多年以来的记录,一些地方最高温度达到 30℃,比常年同期偏高 15℃左右。

1.5 东非出现严重干旱

2010 年 10 月至 2011 年 2 月上旬,中国华北、黄淮地区出现秋冬连旱,1—5 月中国长江中下游地区发生严重的冬春连旱^[7-8],6 月下旬至 9 月,中国西南地区出现严重的夏秋连旱。干旱给农业、水利发电、生态环境和人们生活造成了较为严重的影响^[4-5]。

4 月,美国中部和南部遭遇干旱,并持续了数月。2011 年的干旱影响了美国 48 个州 32%的土地,严重干旱覆盖了 48 个州 11%的土地,其中德克萨斯州灾情最为严重,山火肆虐烧毁 6 万多公顷山林,造成 2 人死亡,经济损失超过 30 亿美元,并重创生态系统。

4 月,法国东北部地区油菜籽作物正面临持续干旱的威胁,降雨不足导致油菜籽单产潜力下降,部分作物已经开始枯萎。

4—8 月,非洲东部的“非洲之角”地区经历了 20 世纪 80 年代以来最严重的干旱和饥荒,共造成

1240 万人受灾,其中索马里为受灾最严重的地区,有近 3 万名儿童死于饥荒。

12 月,墨西哥北部遭受近 70 年来最严重的干旱。大片玉米、大豆和燕麦等农作物受旱枯萎,约 170 万头牲畜因饥饿和干渴死亡。

1.6 东南亚、巴基斯坦和中南美洲洪涝严重

1 月上旬,菲律宾南部连降暴雨,引发洪水和泥石流,造成 53 人死亡,19 人失踪。

1 月中旬,巴西东南部因持续暴雨引发洪水和泥石流,导致近 794 人死亡,430 人失踪,成为巴西史上死亡人数最多的泥石流事件。

2 月中旬,玻利维亚暴雨成灾,共导致至少 68 人死亡,6500 个家庭无家可归。月末,暴雨引发山体滑坡,导致 400 栋房屋被埋。

2 月底,澳大利亚昆士兰州遭到两轮狂风暴雨袭击,造成 3 万所建筑电力供应中断。中下旬,澳大利亚西部和北部洪水泛滥,数百人被转移,道路和桥梁受损严重。

3 月底,泰国南部因暴雨引发洪水,导致至少 21 人死亡,约 100 万人受到影响。

4 月,哥伦比亚中部地区连日降雨引发山体滑坡,造成至少 21 人死亡,2 人失踪。

4 月下旬,巴西南部暴雨引发山体滑坡,造成至少 12 人死亡,3.6 万多人受灾。

5 月上中旬,美国密西西比河流域遭遇暴雨袭击引发自 1937 年以来最大洪水,沿岸 8 个州受灾,其中密西西比州、田纳西州和肯塔基州最重,导致密西西比河开闸泄洪。

5 月中旬,哥伦比亚遭遇暴雨袭击引发洪水和泥石流,导致至少 120 人死亡,650 户家庭无家可归。

5 月,中国四川、湖南、广东和广西等省遭遇暴雨洪涝灾害^[7]。

6 月,中国东部遭受暴雨袭击并引发洪水,106 人死亡,农作物受损^[8-9]。

6 月底,尼日利亚北部遭受雷暴雨袭击,造成 12 人死亡,9 人重伤。

6 月下旬至 7 月初,印度北部遭遇暴雨袭击并引发山体滑坡,造成至少 55 人丧生。

7 月,韩国多次出现暴雨,并引发泥石流,造成

近 80 人死亡,4 人失踪。

7—12 月,泰国因暴雨引发大面积洪水,造成 740 人死亡,900 万人受灾。这次半个世纪内最严重的洪灾造成泰国 77 个府中 65 个府发生水灾,2200 多套住房被毁,近 10 万套住房部分损坏。

8 月中旬至 9 月底,巴基斯坦南部发生洪灾,造成至少 369 人死亡,820 万人受灾。

8 月底至 9 月初,尼日利亚西南部发生洪灾,造成至少 103 人死亡。

8 月上旬至 10 月中旬,柬埔寨发生洪灾,造成 150 万人受灾,247 人死亡,近 60 万 hm^2 农田受淹,2500 多千米道路不同程度受损,1000 多所学校停课。

9 月,印度北部和东部发生洪灾,共造成近百人死亡,200 万人转移。

9 月中旬至 10 月上旬,越南发生洪灾,造成 24 人死亡,其中 21 人是儿童。洪水造成 6 万栋房屋被淹没,超过 6900 hm^2 稻田被毁,约造成 4400 万美元损失。

10 月中下旬,中美洲遭暴雨袭击,淹没大量农田,数千千米公路被淹,造成 25 万人受灾,至少 110 人死亡。

10 月底,缅甸暴雨引发泥石流,多栋房屋被淹,一座大桥被冲毁,造成 104 人死亡,经济损失约 170 万美元。

12 月初,肯尼亚西部因暴雨引发洪水,造成 15 人死亡,超过 7 万人无家可归。

1.7 全球热带气旋活动偏少

4 月初,强风暴横扫美国南部,导致至少 8 人死亡,约 20 万户居民供电中断。中旬,美国南部各州多次遭遇龙卷风袭击,造成至少 45 人丧生。这是 3 年来美国伤亡最惨重的暴风天气灾害。下旬,美国中部及南部各州再次遭受强风暴袭击,造成至少 350 人丧生,为美国近 80 年来最严重的强风暴灾难。

4 月初,孟加拉国西北部遭遇强风暴袭击,造成至少 17 人死亡,150 多人受伤。

5 月上旬,菲律宾遭到热带风暴“艾利”袭击,造成当地 13 人死亡,11 万多人受灾。

5 月中旬,强风暴袭击印度北部,导致北方邦和

比哈尔邦至少 56 人死亡。

6 月下旬,热带风暴米雷袭击菲律宾,造成近 33 万人受灾,15 人失踪。

7 月初,热带风暴阿琳横扫墨西哥大部,导致 11 人死亡,30 万人受灾。

7 月底,热带风暴洛坦过境菲律宾,造成 50 人死亡,近百万人口受灾。8 月初,袭击泰国,造成至少 7 人死亡,4 人失踪,12 人受伤。

8 月上旬,热带风暴梅花袭击了菲律宾、日本和朝鲜,造成 10 多人死亡,数百趟航班取消。中国华东沿海也受到影响,直接经济损失 40 多亿元人民币。

8 月下旬,台风南马都袭击菲律宾北部和中国台湾、福建地区,共造成 27 人死亡,18 人失踪。

9 月上旬,日本西部遭受强台风塔拉斯袭击,造成 62 人死亡,46 人失踪。21—22 日,日本遭受强台风洛克袭击,造成 12 人死亡,4 人失踪。

9 月底至 10 月上旬,菲律宾连遭强台风纳沙、尼格袭击,造成 101 人死亡,大量农田被毁,经济损失约 2.5 亿美元。9 月 29 日,“纳沙”登陆中国华南,直接经济损失超过 100 亿元人民币^[10]。

10 月中旬,中美洲国家与墨西哥太平洋沿岸遭飓风霍瓦袭击,造成 18 人死亡,2600 多人被疏散,港口也被迫关闭。

12 月中旬,热带气旋天鹰在菲律宾登陆,其带来的暴雨引发多省发生严重洪灾,造成近 70 万人受灾,1453 人死亡。

最后,归纳总结出 2011 年全球重大天气气候事件示意图,见图 2。

2 全球极端天气气候事件指标监测

全球极端天气气候事件监测指标采用世界气象组织(WMO)和世界气候研究计划(WCRP)的气候变率和预测研究项目(CLIVAR)中气候变化检测、监测和指数专家组(ETCCDMI)推荐使用的极端天气气候事件监测指标中的暖昼、暖夜、冷昼、冷夜、降水强度、极端强降水量、极端强降水日数(<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/>)^[11],具体的指标定义见表 1。

2011 年,全球极端温度事件监测指标显示出

表 1 极端天气气候指标定义
Table 1 Definition of extreme weather
and climate indices

代码	名称	定义	单位
TN10p	冷夜日数	日最低气温<第 10 个百分位数的日数	d
TX10p	冷昼日数	日最高气温<第 10 个百分位数的日数	d
TN90p	暖夜日数	日最低气温>第 90 个百分位数的日数	d
TX90p	暖昼日数	日最高气温>第 90 个百分位数的日数	d
SDII	降水强度	湿日(日降水量≥1.0 mm)降水总量/湿日日数	mm·d ⁻¹
R95p	极端强 降水量	日降水量>第 95 个百分位数的降水总量	mm
R95d	极端强 降水日数	日降水量>第 95 个百分位数的日数	d

极端偏暖事件的站点数多于极端偏冷事件的站点数。极端偏暖事件主要出现在欧洲西部和西北部、南亚南部、东亚中西部、北美东南部等地;极端偏冷事件主要出现在东亚、澳大利亚、非洲南部及美国东北部和西部等地。南美中东部、东南亚及中国东南部、日本、澳大利亚北部、非洲西部等地出现了极端强降水事件。

从温度暖指标暖昼(TX90p)、暖夜(TN90p)的监测结果看,2011 年,欧洲大部、北美中部和南部、南美南部、西亚南部、南亚北部和南部、北亚南部、东亚大部、东南亚部分地区、非洲西部和南部等地白天温度极端偏高的暖昼日数一般在 10 天以上,其北美东南部、中欧洲西部和西北部、东亚中西部、南亚南部和东南亚的部分地区暖昼日数超过 20 天(图 3)。夜间温度极端偏高的暖夜日数在北美中部、东部和南部、欧洲大部、中亚南部、南亚北部和南部、东亚大部、东南亚部分地区等地达 10 天以上,其中北美洲南部和东北部、欧洲南部和北部、东亚西部、东亚中部的部分地区超过 20 天(图 4)。

从温度冷指标冷昼(TX10p)、冷夜(TN10p)的监测结果看,2011 年,白天温度极端偏冷的冷昼日数在欧洲东部、北亚南部、东亚北部和东部、澳大利亚北部局部、美国西部和非洲东部局部等地一般在 10 天以上,其中部分地区超过 20 天(图 5)。夜间温度极端偏冷的冷夜日数在欧洲西部、东部和南部的部分地区、北亚南部、东亚中部和东部、北美西部、南部和东北部局部、南美中南部、非洲南部及澳大利亚

部分地区达 10 天以上,其中美国、南非、澳大利亚中国、日本等地超过 20 天(图 6)。

极端强降水量(R95p)和极端强降水日数(R95d)的监测结果显示,2011 年,在南美中东部、北美中西部和东部、欧洲中部和南部的局部、非洲中西部、东南亚及中国东南部、日本、韩国、澳大利亚东北部等地出现了极端强降水事件(图 7 和 8)。南美洲中东部、美国西北部和东部、欧洲西北部和中部、日本和东南亚等地区的极端降水日数达 10 天以上,其中局部地区达 20 天以上。上述大部地区的降水强度(SDII)均超过了 10 mm·d⁻¹,其中东南亚等地的部分地区超过 20 mm·d⁻¹(图 9)。

3 泰国与巴基斯坦严重洪涝可能成因分析

3.1 泰国发生半个世纪以来最严重洪灾

2011 年 7 月底至 11 月上旬,泰国发生了半个世纪以来最严重洪灾,造成 900 万人受灾,近 600 人死亡,100 多万 hm² 农田被淹,首都曼谷 20% 的面积被洪水浸泡。此次洪灾造成的直接经济损失预计超过 4000 亿泰铢(约合人民币 800 亿元)。2011 年泰国洪水创历史之最。2011 年入夏以来,泰国降水不断,尤其以 9 月 1 日至 10 月 16 日最为集中。40 多天的时间内,东南亚部分地区出现持续强降雨,泰国、柬埔寨和越南降水量达 400~600 mm,局部地区超过 800 mm,降水量普遍比常年同期偏多,其中泰国大部、柬埔寨西部和越南中部和北部偏多 100~300 mm,部分地区超过 300 mm。分析还表明,这与 2011 年 9 月开始的拉尼娜事件有关——拉尼娜状态期间,东南亚及其周边地区热带对流活动偏强,降水易偏多。

受赤道太平洋拉尼娜事件的影响,我国南海至海洋性大陆一带有利于气旋式环流发展。从 850 hPa 异常季风环流分布(图 10)中可以看出,该地区为一气旋式异常环流所控制,有利于该地异常强降水的出现。此外,源自孟加拉湾的异常偏强的西南水汽输送,为东南亚及我国华南地区的降水提供了充足的水汽条件。

同时发现,受拉尼娜事件的影响,西北太平洋至

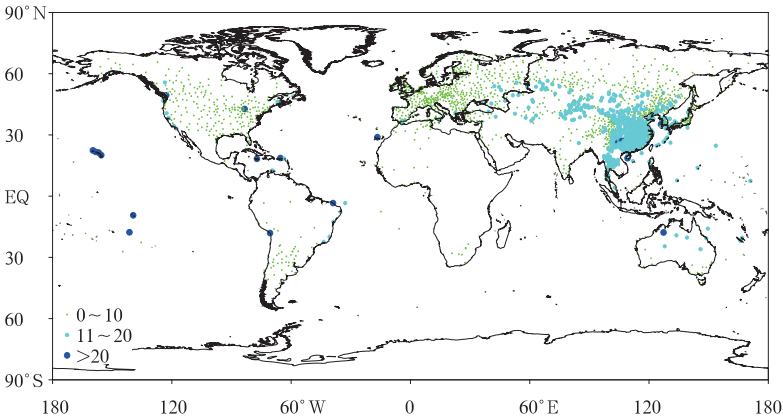


图 5 2011 年全球冷昼日数分布图(单位:d)
Fig. 5 Global distribution of cool days
(TX10p) in 2011 (unit: d)

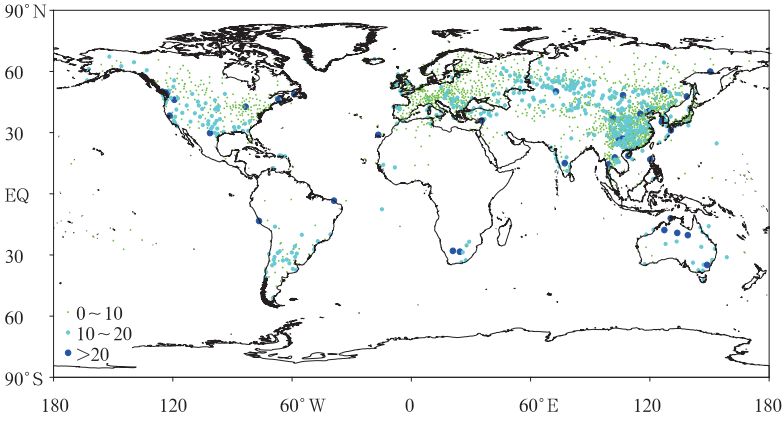


图 6 2011 年全球冷夜日数分布图(单位:d)
Fig. 6 Global distribution of cool nights
(TN10p) in 2011 (unit: d)

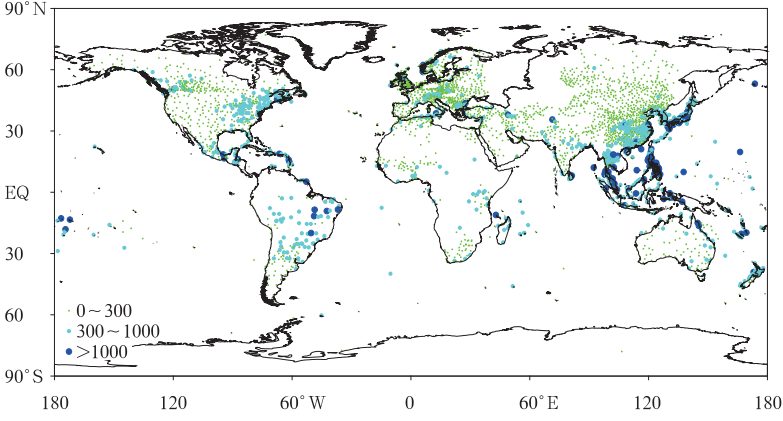


图 7 2011 年全球极端强降水量分布图(单位:mm)
Fig. 7 Global distribution of heavy precipitation
amounts (R95p) in 2011 (unit: mm)

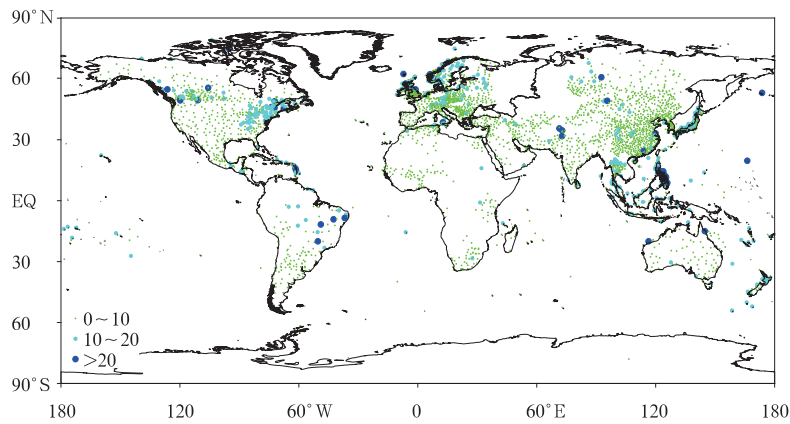


图 8 2011 年全球极端强降水日数分布图(单位:d)
Fig. 8 Global distribution of heavy precipitation days
(R95d) in 2011 (unit: d)

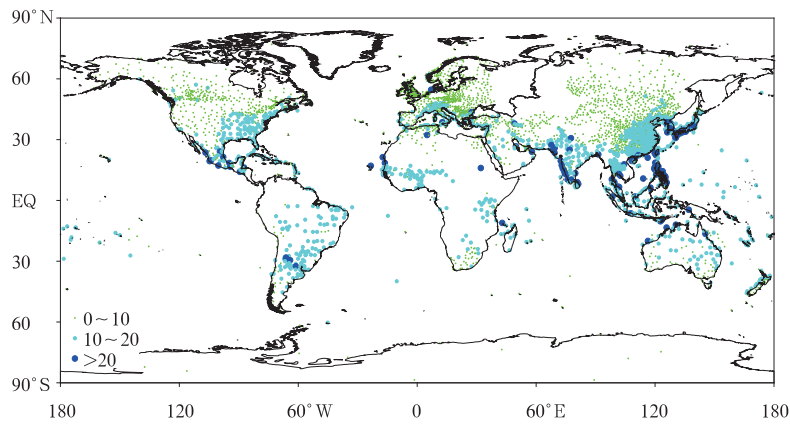


图 9 2011 年全球降水强度分布图(单位:mm·d⁻¹)
Fig. 9 Global distribution of simple daily intensity index
(SDII) in 2011 (unit: mm·d⁻¹)

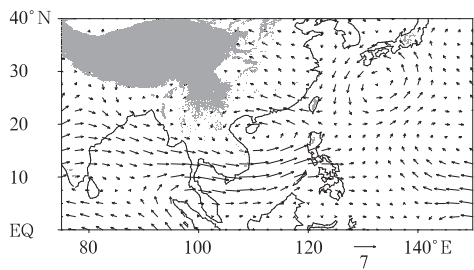


图 10 2011 年 9 月 1 日至 10 月 16 日
850 hPa 异常风场(单位:m·s⁻¹)
Fig. 10 Distribution of 850 hPa wind
anomalies during 1 September—
16 October, 2011
(unit: m·s⁻¹)

洋和南海海域编号台风明显偏多,2011 年 17 号台风(纳沙)、18 号台风(海棠)以及 19 号台风(尼格)先后生成并在东南亚及我国华南地区登陆,导致该地区降水异常偏多。

3.2 巴基斯坦南部出现严重洪涝

2011 年 8 月中旬至 9 月中旬,巴基斯坦南部多次遭强降水袭击,引发洪灾,造成至少 369 人死亡,820 万人受灾。2011 年 8 月,持续性环流异常导致了巴基斯坦南部暴雨洪涝灾害,主要有两方面原因。一是高纬环流异常引导冷空气南下。8 月欧洲上空维持高压脊,有利于脊前冷空气南下影响南亚地区。二是热带印度洋海温异常使得南亚夏季风偏强。8 月,热带印度洋海温普遍偏暖,但在赤道东南部印度

我国南海地区对流异常活跃(图 11),有利于西北太平洋地区热带气旋的生成和发展。9 月,西北太平

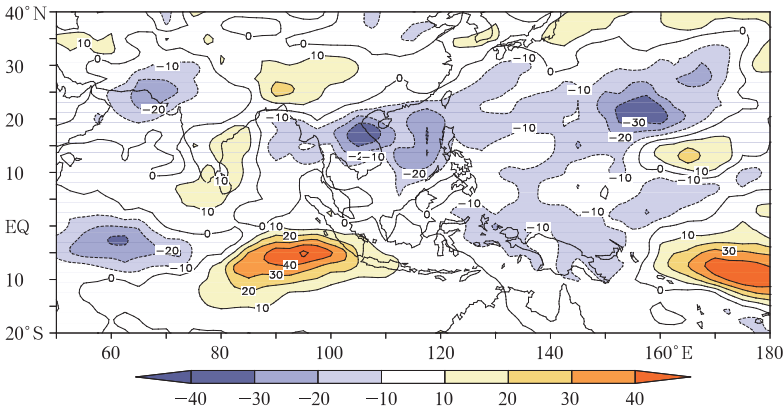


图 11 2011 年 9 月 1 日至 10 月 16 日向外长波辐射(OLR)异常分布
(单位: $W \cdot m^{-2}$)

Fig. 11 Distribution of outgoing longwave radiation (OLR) anomalies during 1 September—16 October, 2011 (unit: $W \cdot m^{-2}$)

洋爪哇岛附近负的海温距平开始发展。9 月,爪哇岛附近的负海温距平进一步发展加强,与此同时,异常偏暖的海水主要分布在赤道印度洋的中西部地区,形成西暖东冷的正偶极型海温模态(图 12)。与这种海温模态相耦合的是低层赤道印度洋中部的异常东风,以及赤道印度洋北部的异常反气旋性环流。该反气旋西侧的西南风距平使得夏季风异常偏强(图 13),从而为巴基斯坦带来了大量来自印度洋的水汽,导致了暴雨洪涝灾害。

利用 1979—2010 年月平均 500 hPa 垂直速度场和 850 hPa 流函数与秋季平均的印度洋偶极子 (IOD) 指数做偏相关分析发现,正位相 IOD 对应的就是以赤道印度洋为对称的两个反气旋对,分别位

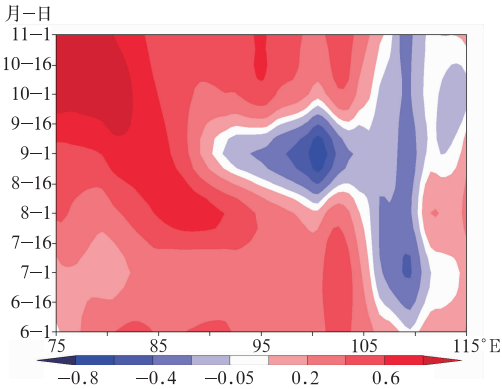


图 12 $10^{\circ}S \sim 0^{\circ}$ 经向平均的海表温度
异常场随时间演变(单位: $^{\circ}C$)

Fig. 12 The time-longitude cross section of sea surface temperature anomalies between $10^{\circ}S$ and 0° during June to October, 2011 (unit: $^{\circ}C$)

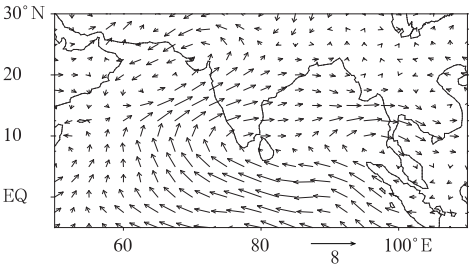


图 13 2011 年 8—9 月 850 hPa
异常风场(单位: $m \cdot s^{-1}$)

Fig. 13 Distribution of 850 hPa wind anomalies during August to September, 2011 (unit: $m \cdot s^{-1}$)

于赤道印度洋北部和南部。而这两个反气旋对正是由赤道印度洋东部的异常下沉运动所激发的 Rossby 波所导致的^[12]。这进一步说明巴基斯坦暴雨洪涝的出现与热带印度洋正位相偶极子有关。

4 小 结

2011 年(1—10 月)全球表面气温比 1961—1990 年平均温度 $14^{\circ}C$ 高 $0.4^{\circ}C$ 左右。这是自 1850 年开始有观测记录以来第十最暖年。2011 年,全球热带气旋活动较常年偏少。4 月一次拉尼娜事件结束,9 月又一次拉尼娜事件生成,其中第一次拉尼娜事件是过去 60 年来最强的拉尼娜事件之一。2011 年的全球气候受到此次事件的严重影响。年初,低温、寒流席卷亚洲大部,暴风雪频繁袭击北美地区;而巴西也发生了死亡人数最多的洪水和泥石流灾

害。春季,西欧和我国长江流域出现严重春旱。夏季,东南亚、巴基斯坦和中南美洲洪涝灾害严重。此外,4—8 月,非洲东部的“非洲之角”地区经历了 20 世纪 80 年代以来最严重的干旱和饥荒,之后又出现了严重的洪涝。2011 年还是美国极端天气气候事件频发的一年。2011 年,全球极端温度事件监测指标显示出现极端偏暖事件的站点数多于极端偏冷事件的站点数。极端偏暖事件主要出现在欧洲西部和西北部、南亚南部、东亚中西部、北美东南部等地;极端偏冷事件主要出现在东亚、澳大利亚、非洲南部和美国东北部和西部等地。南美中东部、东南亚及中国东南部、日本、澳大利亚北部、非洲西部等地出现了极端强降水事件。

受拉尼娜事件的影响,2011 年 9—10 月,我国南海至海洋性大陆一带对流活跃并出现气旋式环流异常。而源自孟加拉湾的异常偏强的西南水汽输送,为东南亚地区提供了充足的水汽。此外,受拉尼娜事件影响,西北太平洋至我国南海地区生成的热带气旋数目明显偏多,多个台风先后在东南亚及附近地区登陆,导致该地区降水异常偏多。

2011 年 8 月,赤道印度洋出现西暖东冷的正位相偶极型海温异常分布。与这种海温异常相耦合的是低层赤道印度洋中部的异常东风,以及赤道印度洋北部的异常反气旋性环流。该反气旋西侧的西南风距平使得南亚夏季风异常偏强,从而为巴基斯坦

带来了大量来自印度洋的水汽,加之北方冷空气的影响造成了巴基斯坦暴雨洪涝的出现。

参考文献

[1] WMO (2011). Provisional statement on the Status of the Global Climate in 2011[R/OL]. http://www.wmo.int/pages/media-centre/press_releases/gcs_2011_en.html.

[2] 国家气候中心. ENSO 监测简报[R]. 2011,45.

[3] 国家气候中心. ENSO 监测简报[R]. 2011,46.

[4] 国家气候中心. 中国气候公报[R]. 2011.

[5] 国家气候中心. 全国气候影响评价[R]. 2011.

[6] 符娇兰. 2011 年 3 月大气环流和天气分析[J]. 气象,2011,37(6):756-763.

[7] 唐文苑. 2011 年 5 月大气环流和天气分析[J]. 气象,2011,37(8):1031-1037.

[8] 司东,柳艳菊,马丽娟,等. 2011 年初夏我国长江中下游降水的气候特征及成因[J]. 气象,待刊.

[9] 黄威. 2011 年 6 月大气环流和天气分析[J]. 气象,2011,37(9):1178-1184.

[10] 曹越男. 2011 年 9 月大气环流和天气分析[J]. 气象,2011,37(12):1589-1594.

[11] Peterson T C. Climate Change Indices[R]. WMO Bulletin, 2005,54(2):83-86.

[12] Yuan Y, Yang S, Zhang Z Q, et al. Different evolutions of the philippine sea anticyclone between eastern and central Pacific El Nino: Effects of Indian Ocean SST[J]. J Climate, 2011, In revision.