

2016年超强厄尔尼诺背景下的强对流和极端降水天气特点

毕宝贵, 张小玲*, 代刊

国家气象中心, 北京 100081

* 联系人, E-mail: zhangxl@cma.gov.cn

2016-10-13 收稿, 2016-12-15 修回, 2016-12-17 接受, 2017-03-10 网络版发表

国家重点基础研究发展计划(2013CB430106)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306011, GYHY201306002)资助

摘要 2015/2016年发生了1951年有观测记录以来最强一次厄尔尼诺事件。本文分析了2016年的强对流和极端降水天气特征, 并与1981年以来的同期天气对比分析发现: 2016年强对流天气尤其雷暴大风和短时强降水天气远超历史同期, 成为近年来强对流灾害最严重的一年, 也是2000年以来极端降水事件最频发的一年; 1981年以来强对流和极端降水天气的年际变化特征表明, 厄尔尼诺发生期间中国强对流和极端降水多发特征不明显, 但超强厄尔尼诺事件(1982/1983, 1997/1998, 2015/2016年)结束当年, 极端降水和强对流天气发生频次明显较其他年份多; 1983年表现为雷暴大风和冰雹频发, 极端降水与常年无异; 1998年全国极端降水日数最多, 短时强降水(≥ 20 mm/h), 尤其致灾性短时强降水(≥ 50 mm/h)频发; 2016年则为雷暴大风和短时强降水频发, 冰雹维持持续减少趋势, 北方地区极端降水日数为1981年以来第2高位, 其中7月18~20日以华北地区为暴雨中心的全国降水量远超历史同期。

关键词 超强厄尔尼诺, 雷暴大风, 短时强降水, 极端降水

国家气候中心的ENSO监测表明, 2014年9月开始的厄尔尼诺事件在2015年春季后迅猛发展, 最终发展为超强厄尔尼诺事件, 并于2016年5月结束。从1951年有记录以来, 全球共发生14次厄尔尼诺事件, 其中3次达到超强级别, 分别是1982年5月至1983年6月、1997年5月至1998年5月以及2014年9月至2016年5月。2014年9月开始的厄尔尼诺事件持续时间长、强度大^[1], 已经给全球多地的天气气候带来不同程度的影响^[2,3]。张人禾进一步指出: 本次厄尔尼诺事件菲律宾及南中国海呈现明显反气旋异常环流, 是由于赤道西太平洋对流活动减弱, 所激发的大气Rossby波响应导致西北太平洋产生异常反气旋, 且可以持续到厄尔尼诺结束后的次年夏天, 与该异常反气旋相联系的中国东南沿海西南风异常, 更多水汽输送到

中国南方, 导致2016年上半年中国南方降水偏多^[4]。

上述研究主要强调了本次厄尔尼诺事件对中国季节降水异常的影响, 但对于更容易造成灾害的强对流和极端降水天气的影响尚不清楚。在中国, 由于强对流天气变化剧烈, 造成的人员伤亡和经济损失也非常严重, 如2015年6月1日航行在长江宜昌段的“东方之星”翻船事件、2016年6月23日江苏盐城龙卷风均造成大量的人员伤亡。2016年7月18~20日华北极端强降水引起的洪涝灾害更是造成上百人死亡。因此, 在这样超强的厄尔尼诺事件背景下, 异常的大气环流是否会引发强对流天气和极端降水的异常也非常值得关注。

在中国业务预报中, 强对流天气特指剧烈的中尺度对流性天气, 包括冰雹、雷暴大风(风速达到或

引用格式: 毕宝贵, 张小玲, 代刊. 2016年超强厄尔尼诺背景下的强对流和极端降水天气特点. 科学通报, 2017, 62: 928–937

Bi B G, Zhang X L, Dai K. Characteristics of 2016 severe convective weather and extreme rainfalls under the background of super El Niño (in Chinese). Chin Sci Bull, 2017, 62: 928–937, doi: 10.1360/N972016-01136

超过17 m/s并伴随有雷电)、短时强降水(1 h降水量达到或超过20 mm)、龙卷以及下击暴流等,具有生命史短、空间范围小,但天气变化剧烈的特点。由于龙卷和下击暴流的尺度非常小,现有的业务观测系统尚不具备对这类强对流天气的观测,因此本文将重点分析雷暴大风、短时强降水和冰雹天气三类强对流天气。极端降水事件则采用Alexander等人^[5]的百分位方法。所用资料包括国家气象信息中心提供的1981~2010年2420站逐日降水、雷暴大风和冰雹资料以及逐小时降水量资料,2010~2016年强对流资料为国家气象中心强天气预报中心收集整理,其中2013年以后由于中国气象局业务观测调整,冰雹无夜间观测。强天气预报中心的强对流资料采集和质量控制参见文献[6]。

本文各要素气候平均值为1981~2010年平均。

1 强对流特点

通常情况下,中国的强对流天气主要发生在4~9月。2016年1月1日~8月31日以及1981~2010年同期气候平均的强对流天气分布图(图1)显示:2016年我国短时强降水发生次数、雷暴大风发生次数远大于1981~2010年同期气候平均,但冰雹发生次数则相对减少。

图1(a)和(b)比较发现,2016年,华南、江南、长江流域、华北平原为降水量20 mm/h以上的短时强降水的高发区;其中长江流域、江南和华北平原东南部短时强降水发生次数明显较常年(1981~2010年平均)偏多。尤其在河北南部、山东北部和南部出现7~8次短时强降水,远大于常年的1~2次。四川东南部、广西东北部、广东北部、江西、福建和湖北东部、安徽南部均出现7次甚至9次以上短时强降水,也远高于常年。

2016年雷暴大风的高发区位于青海东部、山西、河北北部和南部、山东北部、四川西部、云南、湖北中部、安徽南部、江苏北部和南部、江西、福建、广西和广东,均出现5站次以上的雷暴大风(图1(c))。与同期气候平均相比,河北南部和山东北部、湖北、云南、江南和华南、海南的雷暴大风站日数增加明显,但北方地区尤其西北地区东部、内蒙古中部和南部的雷暴大风明显减少。

2016年中国冰雹天气较常年减少,其中北方地区的冰雹站日数减少明显,但在山东、湖南、江西、

福建、广西、广东略有增加(图1(e)和(f))。

1951年有记录以来,全球共发生14次厄尔尼诺事件,分别为1957/1958, 1963, 1965/1966, 1969/1970, 1972/1973, 1982/1983, 1987/1988, 1991/1992, 1994/1995, 1997/1998, 2002/2003, 2006/2007, 2009/2010和2015/2016年;其中1982/1983, 1997/1998和2015/2016年为超强级别^[1]。2016年中国强对流天气与常年相比异常偏多是否与强厄尔尼诺事件有关呢?为此,本文诊断了1981年以来的强对流天气年际变化,如图2所示。

图2(a)的1981~2016年雷暴大风逐年演变曲线显示,1981年以来雷暴大风呈减少趋势,冰雹也有类似的年际变化特征(图2(b))。虽然在风雹天气减少的气候趋势下,超强厄尔尼诺年雷暴大风仍较常年明显偏多,其中1983年为1981年以来雷暴大风和冰雹最多的一年,1992和1998年则为1991年以来雷暴大风和冰雹最多的年份,而2016年则为21世纪以来雷暴大风最多的一年。但2016年的冰雹站次数却没有明显的增加,是否与2013年以来中国气象局观测业务调整后取消夜间天气现象观测有关有待进一步验证。1994/1995, 2002/2003, 2006/2007, 2009/2010年这4次厄尔尼诺事件相对较弱,这些年雷暴大风和冰雹均未表现出较常年偏多的特征。

与雷暴大风和冰雹的气候变化特征不同,1981年以来短时强降水并没有逐渐减少的趋势,而是在1990年以后略有增加的趋势,无论是20 mm/h以上的短时强降水(图2(c))、还是致灾性的50 mm/h以上短时强降水(图2(d))。三次强厄尔尼诺事件中,1998和2016年短时强降水均较常年明显偏多,2016年为1981年以来20 mm/h以上短时强降水最多的一年,1998年则为50 mm/h以上的致灾性短时强降水最多的一年。

图2(d)的分析显示,在1998年强厄尔尼诺事件期间,致灾性的短时强降水(≥ 50 mm/h)达到500站次,为1981年以来最多。这一年中国出现了全国范围的洪涝灾害。由于国家气象信息中心的1981~2010年历史序列资料仅记录雷暴大风和冰雹是否发生,缺少雷暴大风和冰雹大小信息,很难对1981年以来的致灾性强雷暴大风(蒲氏风力10级以上,阵风风速25 m/s以上)和强冰雹(冰雹直径 ≥ 20 mm)进行类似的分析。因此,本文仅利用国家气象中心强天气预报中心收集整理的2010~2016年雷暴大风和冰雹资料进行致

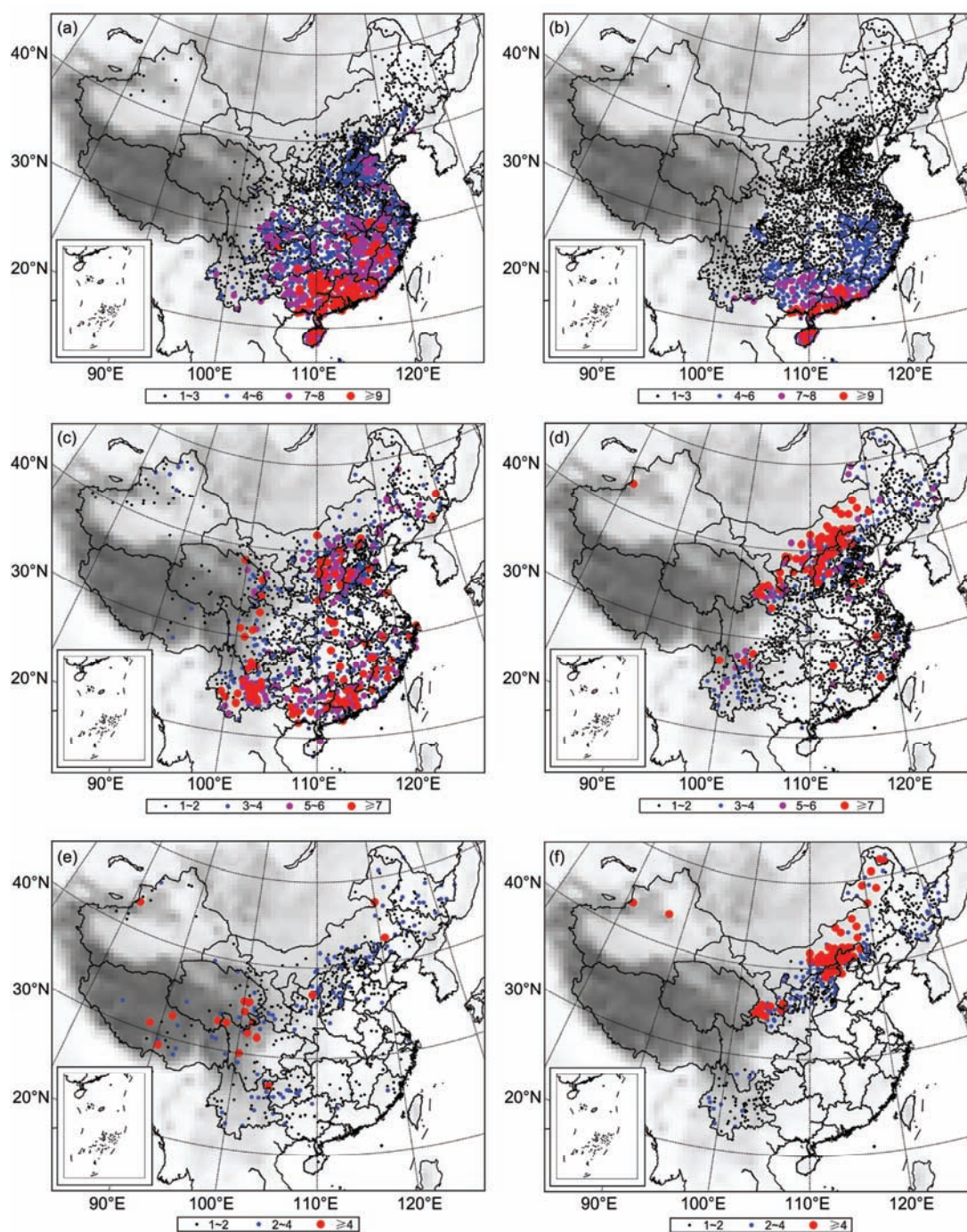


图1 2016年1~8月短时强降水(a)、雷暴大风(c)、冰雹(e)发生频次分布,以及同期气候平均(1981~2010年)短时强降水(b)、雷暴大风(d)和冰雹(f)。彩色圆点表示发生频次,阴影为地形高度

Figure 1 Frequency distribution of short-time rainstorms ((a), (b)), thunderstorm gale ((c), (d)) and hails ((e), (f)) during January to August in 2016 in contrast to the 1981–2010 average. (a), (c), (e) January to August in 2016; (b), (d), (f) 1981–2010. Color dots denote the frequencies; the shadows are the topography

灾性的强风雹天气的分析。

2016年不仅雷暴大风发生的总站次数是最近5年最多,10级以上的雷暴大风站次数达到308站次,远

远超过其他年份的100次左右(图3(a))。考虑到2013年中国气象局取消天气现象的夜间观测,对2010~2016年白天(8~20时)的冰雹发生次数对比分析发现,2014

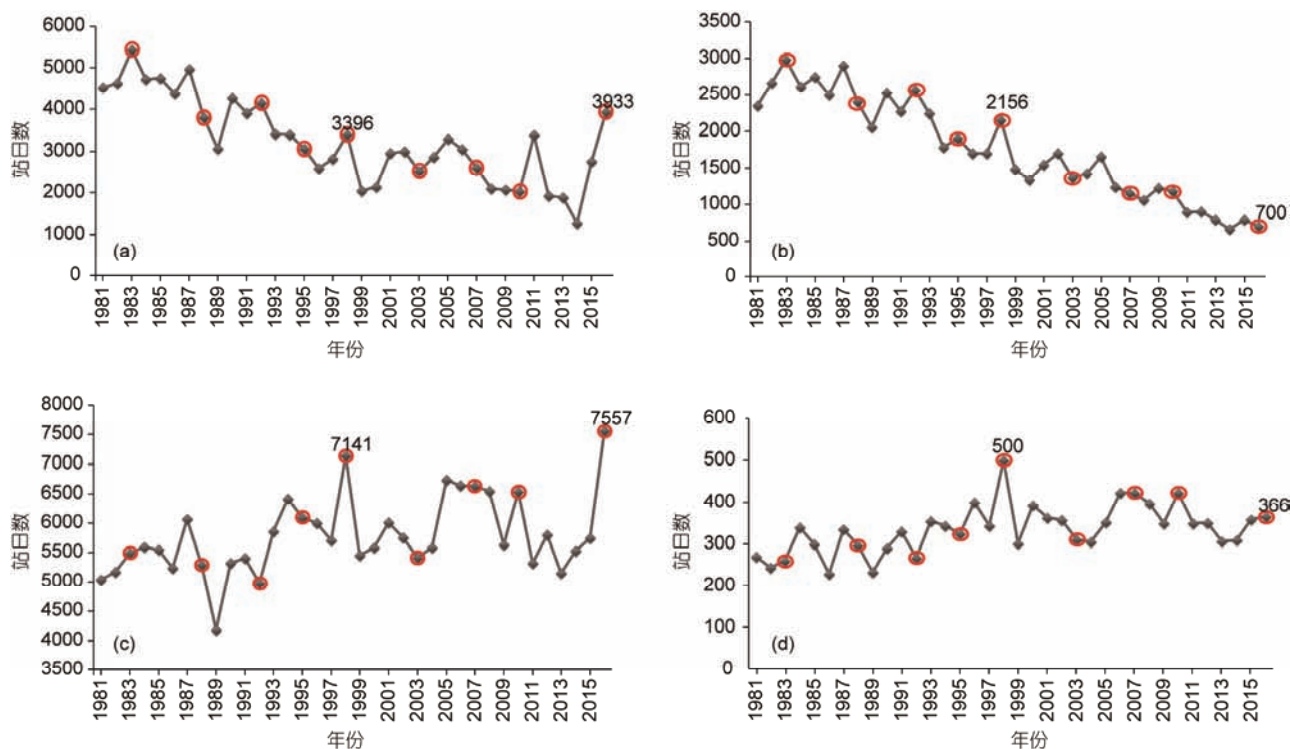


图2 1981~2016年逐年1~8月雷暴大风(a)、冰雹(b)、20 mm/h以上短时强降水(c)和50 mm/h以上短时强降水(d)总站日数. 红色圆点表示厄尔尼诺结束年

Figure 2 Evolution of January-August occurrence numbers of thunderstorm gale (a), hails (b), short-time rainstorms over 20 mm/h (c) and over 50 mm/h (d) during 1981–2016. Red dots represent the end years of the El Niño events

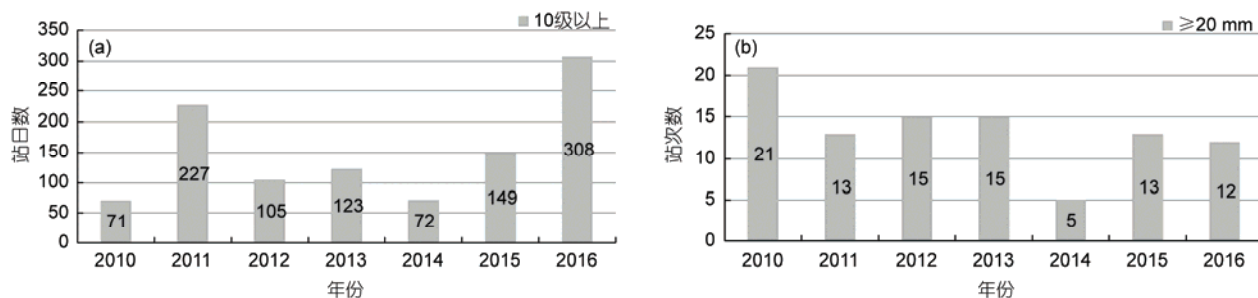


图3 2010~2016年1~8月10级以上(25 m/s)雷暴大风(a)和直径20 mm以上冰雹(b). 其中冰雹数据仅统计发生于8~20时

Figure 3 Evolution of January-August occurrence frequencies of thunderstorm gale with wind gust over 25 m/s (a), hails with diameter over 20 mm (b) during 2012–2016. The statistic of hails is only based on the observation during 0800 BJT to 2000 BJT

年冰雹次数最少, 2016年次之, 但2016年直径20 mm以上大冰雹发生的次数与其他年相当, 仅少1~3站次(图3(b)).

2016年强对流天气及其与1981年以来的其他厄尔尼诺年强对流天气发生频次的分析表明: 2016年1~8月中国长江流域及其以南地区雷暴大风和短时强降水发生频次较同期气候平均偏多, 北方地区的冰雹天气则明显减少; 1951年以来3次超强厄尔尼诺事

件期间(1982/1983, 1997/1998和2015/2016年), 在厄尔尼诺结束的当年均有强对流发生频次较常年明显增多的特点, 其中1983年表现为雷暴大风和冰雹天气, 1998年表现为短时强降水(≥ 20 mm/h)尤其致灾性短时强降水(≥ 50 mm/h), 而2016年则表现为雷暴大风和短时强降水天气, 尤其10级以上的强雷暴大风发生频次远大于其他年份, 为其他年份的3~4倍(2011年除外). 其他厄尔尼诺事件发生期间, 强对流发生

频次增加的特点不明显。

2 极端降水特点

厄尔尼诺对中国天气气候既有同期影响,也有滞后影响,因此尽管此次超强厄尔尼诺事件在2015年11月到达峰值之后至2016年5月结束,但还会对2016年的汛期暴雨天气产生影响^[4]。2016年春季降水距平百分率图(图4(a))显示,中国南方的江南、华南北部和东部呈现降水正距平区,北方正距平区主要位于东北地区、内蒙古西部和西北地区中部;至夏季(图4(b)),降水正距平区则主要集中在长江中下游、华

北和西北地区西部,这些地区的降水距平超过30%。结合图4(c)逐月的极端降水分布可见,2016年春夏季降水偏多主要由极端降水事件导致,其中春季极端降水导致长江上游以及江南华南的异常多降水,夏季尤其7月的极端降水事件对长江中下游和华北地区的异常多降水做出主要贡献,西北地区的偏多降水主要由8月的极端降水所致。

Li等人^[7]的分析发现,中国极端降水事件更易发生在厄尔尼诺年的冬春季,以及ENSO(El Niño-Southern Oscillation)暖位相出现后的半年左右。Xiao等人^[8]利用10种极端降水指数分析了与多种气

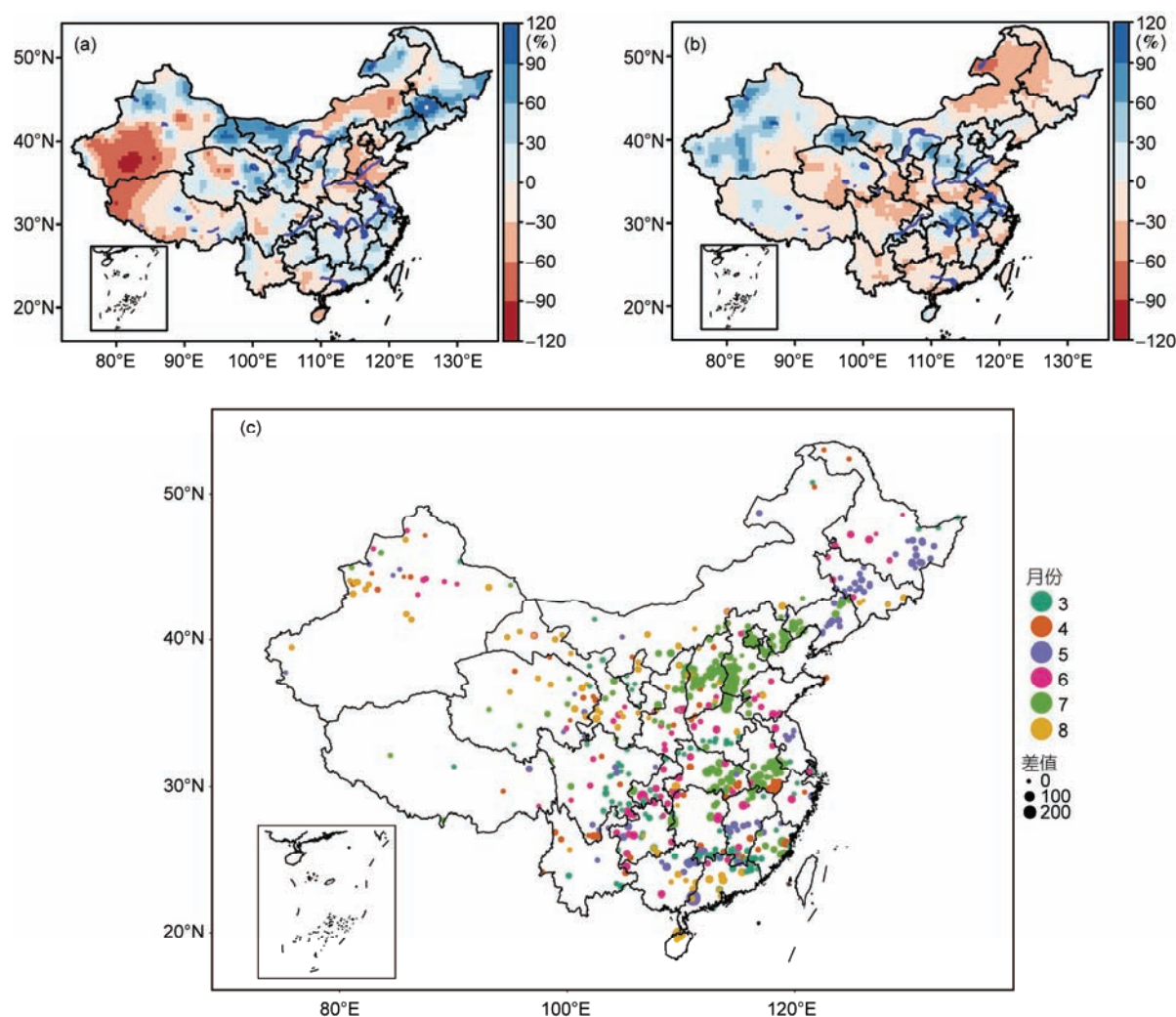


图4 2016年3~5月(a)、6~8月(b)降水距平百分率和逐月超过1981~2010年同期日降水极值的极端降水站点分布(c)。(c)中不同颜色表示不同月份,点的大小表示当月观测最大值与历史极值的差值

Figure 4 Spatial distribution of precipitation anomaly percentage during the periods from March to May (a), from June to August (b) in 2016 and monthly extreme rainfall stations with daily precipitation over their 30 years (1981–2010) historic records (c). Color and size of dots in (c) represent month and surplus over the historic record

候信号的遥相关关系,表明厄尔尼诺年中国中部地区极端降水事件通常减弱,而次年中国东部地区则易于发生极端降水事件。为进一步分析2016年极端降水是否与厄尔尼诺事件有联系,分析1981~2016年各年春夏季极端降水日数占当年总降水日数的百分比,如图5所示。1981年以来的9次厄尔尼诺事件期间,长江流域极端降水日数占比高于常年有7次,北方地区6次,全国范围4次。3次超强厄尔尼诺结束当年长江流域极端降水占比均偏多,尤其1998年为1981年以来最多;但全国范围和北方地区仅1998和2016年偏多,其中2016年仅次于1994年为1981年以来第2多的年份,1983年则较常年偏少。

上述分析说明,超强厄尔尼诺事件与长江流域春夏季极端降水频发关系密切,其他非超强厄尔尼诺年或超强厄尔尼诺事件影响的其他地区极端事件可能还与其他因素有关。此外,2016年长江流域和全国范围的极端降水日数比例在1981年之后仅次于1998年,北方地区与1994年相当,远高于其他年份。

2016年3~8月中国范围日平均降水时间序列以及与气候分布的对比(图6)可见,3~4月强降水过程已经频繁发生,共有8天的日平均降水超过历史极值,其

中3月20~24日江西、湖南和广东等地有29个县突破有记录以来3月极值。5~6月强降水过程频发,尽管强度很少高于历史同期极值,但局部地区仍出现了极端降水天气,如5月6~10日福建泰宁累积降水达到566 mm,引发山体滑坡造成重大人员伤亡。6月底至7月发生3次极端降水过程,包括:6月30日~7月6日梅雨盛期长江中下游出现持续性暴雨过程,导致长江中下游和太湖流域全线超警;7月8~10日,1949年以来登陆我国的最强初台(年度的第一个台风)“尼伯特”给江南东部等地带来暴雨和大暴雨;7月18~20日华北地区出现最强暴雨过程,图6中对比显示远超历史同期极值,造成湖北、湖南、河北、山西等地发生山洪、滑坡泥石流及城市内涝等灾害。7月21日之后降水过程强度趋于减弱。与同属超强厄尔尼诺背景下全国范围、长江流域和北方地区均极端降水频发的1998年相比(图略)发现,这两年春季的3~4月和夏季的6~7月均为极端降水频发的季节,但1998年极端降水发生频率较2016年更高,强降水的持续性和频繁程度更强,且持续到8月初;2016年则在7月18~20日出现了远超历史极值的极端降水过程,该次过程由于强降水的范围广、强度大,直接决定了2016年北方极端降水发

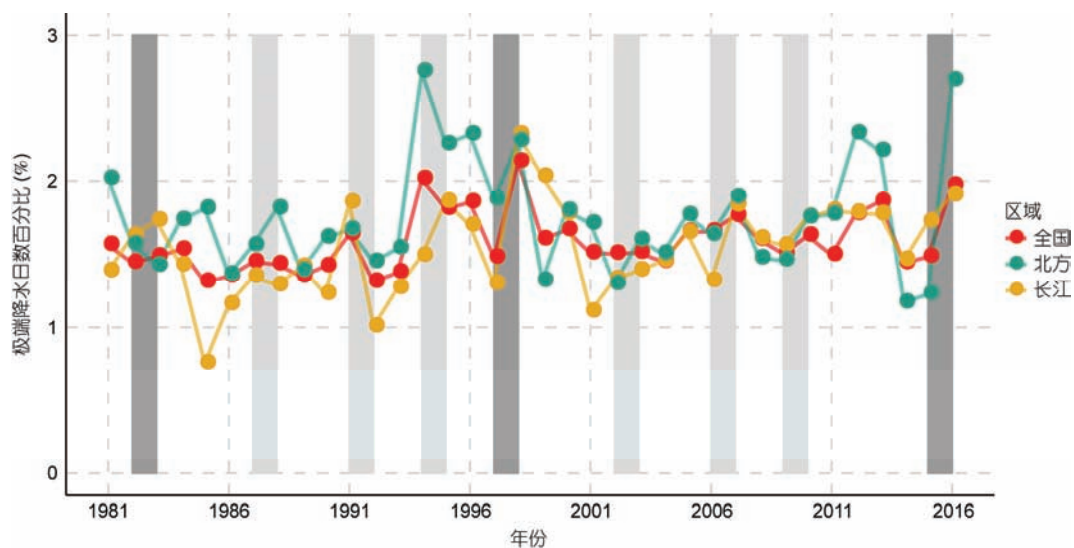


图5 1981~2016年春夏季(3~8月)极端降水日数百分比演变,其中红色为全国区域,绿色为北方区域(35°N以北),黄色为长江流域(105°~122°E, 27°~34°N)。极端阈值为1981~2016年3~8月有降水日的日降水量99%分位值,百分比为极端降水日数除以有降水日数。柱状阴影表示春夏季处于厄尔尼诺影响期间的年份,深色阴影为超强厄尔尼诺

Figure 5 Annual evolution of frequency percentage of daily extreme precipitation during March to August in 1981–2016. Red, green and yellow lines represent nationwide, China North (north of 35°N) and the Yangtze River valley (105°–122°E, 27°–34°N), respectively. The extreme threshold is defined as the daily precipitation exceeding their own 99th percentile during the March to August rainy days in 1981–2016. Percentage is the ratio of extreme rainfall days to rainy days. The years which spring and summer affected by the El Niño events are shaded by the columns and deep colors represent super El Niño events

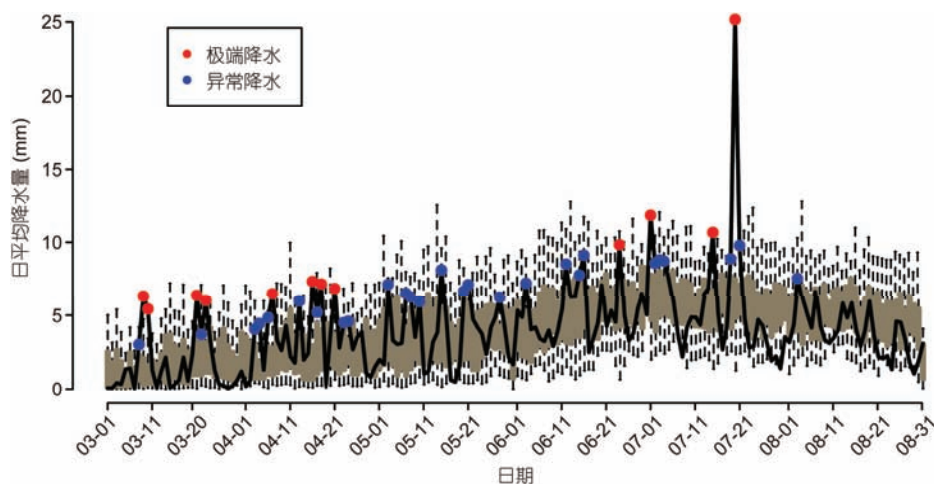


图6 2016年3~8月中国范围日平均降水时间序列(黑色曲线)和1981~2010年日降水量气候分布箱线图. 红点表示大于历史同期极值的极端降水日, 蓝点表示大于历史同期75%分位值的异常降水日

Figure 6 Time series of daily nationwide average precipitation during March to August in 2016 and boxplots of daily precipitation in 1981–2010. Red and blue dots represent extreme rainfall days with daily precipitation exceeding their own historic records and 75th percentile, respectively

生比率远超1981年以来的其他年份的气候态特征.

3 结论和讨论

2015/2016年, 发生了1951年有观测记录以来最强一次厄尔尼诺事件. 利用1981年以来的强对流天气和降水观测资料分析发现:

(1) 2016年1~8月中国强对流天气发生频次远较常年偏多, 主要表现为长江流域及其以南地区雷暴大风和短时强降水发生频次较同期气候平均偏多, 北方地区的冰雹天气则明显减少.

(2) 2016年春夏季(3~8月)江南中东部和华南北部、长江中下游以及西北地区中西部和华北降水较同期气候平均偏多, 主要与这期间极端降水事件频发有关; 3~5月极端降水主要分布在江南中南部、华南北部和四川盆地, 6~8月主要分布在长江流域、华北和西北地区中西部, 尤以7月极端降水事件影响最大, 长江中下游和华北地区出现大范围远超历史极值的极端强降水.

(3) 1951年以来3次超强厄尔尼诺事件(1982/1983, 1997/1998和2015/2016年)结束当年均有极端降水日数、强对流发生频次和强度较常年明显增多的特点; 1983年雷暴大风和冰雹发生频次均为自1981年以来最多, 1998年短时强降水(≥ 20 mm/h)频次略少于2016年, 居第2位, 但致灾性短时强降水(≥ 50 mm/h)则远超其他年份; 2016年则表现为雷暴大风和短时强降水天气频次偏多, 尤其10级以上的强雷暴大风发

生频次为近5年最多, 为其他年份的3~4倍.

(4) 就极端降水日数的区域分布来看, 三次超强厄尔尼诺事件结束当年虽然都有极端降水日数发生频率高的特点, 但表现在不同的区域; 2016年无论全国范围、还是长江流域和北方地区极端降水日数发生比例极高, 为2000年以来最多; 1998年全国范围和长江流域的极端降水日数均为1981年以来最多; 1983年则仅在长江流域极端降水日数偏多.

(5) 其他厄尔尼诺事件发生期间, 强对流和极端降水天气发生频次和强度增加特点不明显.

此次超强厄尔尼诺事件对我国同期及衰减年的影响机制已有工作探讨^[3,9,10]. 翟盘茂等人^[10]指出, 2015年11~12月厄尔尼诺峰值时期, 受西北太平洋低层菲律宾反气旋性异常环流和中高纬欧亚太平洋遥相关型负位相异常环流的共同影响, 中国东部出现偏南风异常, 造成南方地区降水明显增多. 袁媛等人^[3]提到厄尔尼诺衰减年春季季风环流和降水影响机制之一是通过西太平洋暖池和热带印度洋的“接力作用”. 张人禾院士进一步总结有4种不同的机制导致厄尔尼诺相关联的西北太平洋异常反气旋的持续^[4]. 从本文分析可见, 2016年春夏季也表现出强厄尔尼诺次年较为典型的降水分布特征, 但极端降水事件对降水距平的分布有明显的影响. 进一步对极端降水事件的分析表明, 三次超强厄尔尼诺影响下的极端强度、强降水过程活动和时空分布特征都有所差异, 表明两者之间的关系存在不稳定性, 这

主要是极端降水事件的物理成因更为复杂^[11]。比如2016年7月18~20日以华北为降水中心的极端暴雨过程,其影响范围从长江中游一直向北到华北地区,范围广、强度大,直接决定了2016年7月极端降水的气候特征。在此次过程中,除了持续强劲的低空急流为极端暴雨的发生输送异常多的水汽与副高异常偏强有很大关系外,产生暴雨的黄淮气旋在华北上空强烈发展并维持也是非常关键的因素,而这是否与厄尔尼诺影响有关尚不清楚。Pei等人^[12]的研究也发现,华北极端暴雨的高概率与太平洋年代际涛动(Pacific Decadal Oscillation, PDO)的负位相存在密切联系。由于目前相关研究还相对较少,需要进一步加强探讨强厄尔尼诺事件对中国极端降水事件的影响机制。

ENSO作为全球年际变化的主要形态,它与全球尺度的降水和温度异常相关,这已经是不争的事实。但是,有关厄尔尼诺对强对流天气的影响研究并不多见,且多集中于冬季的强对流天气^[13~16]。这些研究表明,厄尔尼诺对美国西部沿岸和墨西哥湾的冬季闪电和强降水有影响;在厄尔尼诺冬季,异常暖的近海海温通过地表通量增加对流有效位能,进而导

致强对流;但相对于降水异常,El Niño对闪电异常的影响更小^[17]。此外,ENSO对美国强对流天气的影响,一直存在不同的结论,以龙卷发生频率和强度为例:一些研究认为厄尔尼诺期间,热带东太平洋暖海温导致副热带急流异常,更多来自墨西哥湾的暖湿气流到达美国落基山以东地区,增强0~6和0~1 km的垂直风切变,有利于美国龙卷发生^[18~21];另一些研究则认为,拉尼娜期间有利于美国的龙卷发生^[22];还有一些研究则认为ENSO对美国龙卷并无明显的影响^[23~27]。这些研究表明,ENSO对全球的降水影响是明显的,但尚未发现对全球尺度的对流天气的明显影响,局地的闪电和强对流则有一定影响。1981年以来中国强对流天气的年际演变特征也存在类似的结果,如强厄尔尼诺期间中国短时强降水发生的频率和强度明显增加,雷暴大风的频率和强度也增加,尤其在1997/1998和2015/2016年两次超强厄尔尼诺影响期间,1998和2016年雷暴大风发生频率远较其他年份高,但冰雹却没有表现出超越1981年以来一直减少的气候趋势。因此,厄尔尼诺到底对中国的哪些强对流天气有影响并如何影响强对流天气发生的频次和强度有待后续研究。

致谢 感谢国家气象中心蓝渝、尤悦和林隐静协助制作图表。

参考文献

- Shao X, Zhou B. Monitoring and diagnosis of the 2015/2016 super El Niño event (in Chinese). *Meteorol Mon*, 2016, 42: 540–547 [邵颢, 周兵. 2015/2016 年超强厄尔尼诺事件气候监测及诊断分析. *气象*, 2016, 42: 540–547]
- Shao X, Liao Y M, Liu Y J, et al. Global major weather and climate events in 2015 and the possible causes. *Meteorol Mon*, 2016, 42: 489–495 [邵颢, 廖要明, 柳艳菊, 等. 2015 年全球重大天气气候事件及其成因分析. *气象*, 2016, 42: 489–495]
- Yuan Y, Gao H, Jia X L, et al. Influence of the 2014–2016 super El Niño event on climate (in Chinese). *Meteorol Mon*, 2016, 42: 532–539 [袁媛, 高辉, 贾小龙, 等. 2014~2016 年超强厄尔尼诺事件的气候影响. *气象*, 2016, 42: 532–539]
- Li Q Q, Min Q Y. A dialogue with Renhe Zhang: The heavy rainfall over southern China in the first half year of 2016 and its relation to the 2015/2016 super El Niño (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2016, 61: 2659–2662 [李清泉, 闵庆华. 对话张人禾: 2016 年上半年中国南方强降水与超强厄尔尼诺. *科学通报*, 2016, 61: 2659–2662]
- Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J Geophys Res*, 2006, 111: D05109, doi: 10.1029/2005JD006290
- Zheng Y G, Lin Y J, Zhu W J, et al. Operational system of severe convective weather comprehensive monitoring (in Chinese). *Meteorol Mon*, 2013, 39: 234–240 [郑永光, 林隐静, 朱文剑, 等. 强对流天气综合监测业务系统建设. *气象*, 2013, 39: 234–240]
- Li W, Zhai P, Cai J. Research on the relationship of ENSO and the frequency of extreme precipitation events in China. *Adv Clim Change Res*, 2011, 2: 101–107
- Xiao M, Zhang Q, Singh V P. Spatio temporal variations of extreme precipitation regimes during 1961–2010 and possible teleconnections with climate indices across China. *Int J Climatol*, 2017, 37: 468–479
- Si D, Liu Y J, Shao X, et al. Anomalies of oceanic and atmospheric circulation in 2015 and their impacts on climate in China (in Chinese). *Meteorol Mon*, 2016, 42: 481–488 [司东, 柳艳菊, 邵颢, 等. 2015 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响. *气象*, 2016, 42: 481–488]

- 10 Zhai P M, Yu R, Guo Y J, et al. The strong El Niño in 2015/2016 and its dominant impacts on global and China's climate (in Chinese). *Acta Meteorol Sin*, 2016, 74: 309–321 [翟盘茂, 余荣, 郭艳君, 等. 2015/2016 年强厄尔尼诺过程及其对全球和中国气候的主要影响. *气象学报*, 2016, 74: 309–321]
- 11 Gao T, Xie L A. Study on progress of the trends and physical causes of extreme precipitation in China during the last 50 years (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 2014, 29: 577–589 [高涛, 谢立安. 近 50 年来中国极端降水趋势与物理成因研究综述. *地球科学进展*, 2014, 29: 577–589]
- 12 Pei L, Xia J J, Yan Z W, et al. Assessment of the Pacific Decadal Oscillation's contribution to the occurrence of local torrential rainfall in North China. *Clim Change*, 2016, doi: 10.1007/s10584-016-1610-8
- 13 Laing A G. Cases of heavy precipitation and flash floods in the Caribbean during El Niño winter. *J Hydrometeorol*, 2004, 5: 577–594
- 14 Feldl N, Roe G H. Climate variability and the shape of daily precipitation: A case study of ENSO and the American West. *J Clim*, 2011, 24: 2483–2499
- 15 Persson P G, Neiman P J, Walter B, et al. Contributions from California coastal-zone surface fluxes to heavy coastal precipitation: A CALJET cast study during the strong El Niño of 1998. *Mon Weather Rev*, 2005, 133: 1175–1198
- 16 LaJoie M, Laing A. The influence of the El Niño-Southern Oscillation on cloud-to-ground lightning activity along the Gulf Coast. Part I: Lightning climatology. *Mon Weather Rev*, 2010, 136: 2544–2556
- 17 Durden S L, Meagher J P, Haddad Z S. Satellite observations of spatial and interannual variability of lightning and radar reflectivity. *Geophys Res Lett*, 2004, 31: 355–366
- 18 Hagemeyer B C. Significant extratropical tornado occurrences in Florida during strong El Niño and strong La Niña events. In: 19th Conference on Severe Local Storms, Minneapolis, MN. Minneapolis: American Meteorological Society, 1998. 412–415
- 19 Browning P. ENSO-related severe thunderstorm climatology of northwest Missouri. In: 19th Conference on Severe Local Storms, Minneapolis, MN. Minneapolis: American Meteorological Society, 1998. 291–292
- 20 Agee E, Zurn-Birkhimer S. Variations in U.S. tornado occurrences during El Niño and La Niña. In: 19th Conference on Severe Local Storms, Minneapolis, MN. Minneapolis: American Meteorological Society, 1998. 287–290
- 21 Lee S K, Atlas R, Enfield D, et al. Is there an optimal ENSO pattern that enhances large-scale atmospheric process conducive to tornado outbreaks in the United States? *J Clim*, 2013, 26: 1626–1642
- 22 Mayes B E, Boustead J M, Cogil C, et al. Synoptic-scale convective environment climatology by ENSO phase in the North Central United States. In: 33rd NOAA Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop, Lincoln, NE, 20–24 October 2008. Silver Spring, Maryland: NOAA's National Weather Service, Science and Technology Infusion Climate Bulletin, 2008. 1–9
- 23 Bove M C. Impacts of ENSO on United States tornado activity. In: 19th Conference on Severe Local Storms, Minneapolis, MN. Minneapolis: American Meteorological Society, 1998. 313–316
- 24 Schaefer J T, Tatom F B. The relationship between El Niño, La Niña, and United States tornado activity. In: 19th Conference on Severe Local Storms, Minneapolis, MN. Minneapolis: American Meteorological Society, 1998. 416–419
- 25 Marzban C, Schaefer J T. The correlation between U.S. tornadoes and Pacific sea surface temperature. *Mon Weather Rev*, 2001, 129: 884–895
- 26 Cook A R, Schaefer J T. The relation of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) to winter tornado outbreaks. *Mon Weather Rev*, 2008, 136: 3121–3137
- 27 Sankovich V, Schaefer J T, Levit J J. A comparison of rawinsonde data from the southeastern United States during El Niño, La Niña, and neutral winters. In: 22nd Conference on Severe Local Storms, Hyannis, MA. Hyannis: American Meteorological Society, 2004

Summary for “2016 年超强厄尔尼诺背景下的强对流和极端降水天气特点”

Characteristics of 2016 severe convective weather and extreme rainfalls under the background of super El Niño

BI BaoGui, ZHANG XiaoLing* & DAI Kan

National Meteorological Center, Beijing 100081, China

* Corresponding author, E-mail: zhangxl@cma.gov.cn

The strongest El Niño event that has been ever seen since observation records started in 1951 occurred in 2015/2016. This paper analyzes the characteristics of the severe convective weather and extreme rainfalls that were experienced from January to August, 2016, which are then compared to those found for the corresponding periods since 1981. The findings are summarized as follows. (1) Severe convective weather, especially thunderstorm gales and short-time rainstorms, occurred much more in 2016 than normal, resulting in the most serious severe convective disasters in the recent years and the most extreme precipitation events since 2000. (2) The interannual variation of the severe convective weather and extreme rainfalls since 1981 reveals that in the years (1982/1983, 1997/1998, 2015/2016) when super El Niño events ended the extreme rainfalls and severe convective weather occurred much more than those during the normal El Niño years, when there are not very obvious features of high frequency of such weather events. (3) In 1983, thunderstorm gales and hails occurred frequently, but the extreme rainfall days were similar with those in normal years except in the Yangtze River valley. (4) In 1998, extreme precipitation days over the whole country were the most since 1981, and the frequency of short-time heavy precipitation (≥ 20 mm/h) was only second to that in 2016 while the disaster-inducing short-time rainstorms (≥ 50 mm/h) was the most since 1981. (5) In 2016, severe convective weather was mainly reflected by frequent thunderstorm gales and short-time rainstorms, which were more than the climatic averages over the Yangtze River valley and its south regions. Especially, the fierce thunderstorm gales stronger than 25 m/s were the most in the recent five years, about 3–4 times of those in the other years. However, hail events were still in the decreasing trend as the result of the remarkable decrease in hail over the northern part of China. Comparatively, the days of extreme rainfalls in North China were the second most since 1981, of which the nationwide rainfall amount in the 18–20 July severe precipitation event with the North China region as the heavy rainfall center exceeded the precipitation in the corresponding period in history. (6) In the years when the three super El Niño events ended, extreme rainfalls occurred more frequently than normal, but difference existed in different regions. In 2016, the frequency ratio of extreme rainfalls was the highest since 2000 no matter whether it was for the nationwide, or the Yangtze River valley and North China. The extreme rainfall days that appeared nationwide and the Yangtze River valley in 1998 was the highest since 1981 while such days in 1983 were found more only in the Yangtze River valley.

super El Niño, thunderstorm gale, short-time rainstorm, extreme rainfall

doi: 10.1360/N972016-01136