

陆桂荣,王文,郑美琴,等.2015.海南台风暴雨的时空分布特征[J].大气科学学报,38(5):710-715.doi:10.13878/j.cnki.dqkxxb.20141230001.
Lu Gui-rong, Wang Wen, Zheng Mei-qin, et al.2015.Spatial and temporal distribution characteristics of typhoon precipitation in Hainan[J].Trans Atmos Sci,38(5):710-715.(in Chinese).

海南台风暴雨的时空分布特征

陆桂荣^{1,2},王文¹,郑美琴²,蔡亲波³

(1.南京信息工程大学 大气科学学院,江苏 南京 210044;2.日照市气象局,山东 日照 276826;3.海南省气象台,海南 海口 570203)

摘要:根据 1966—2013 年海南台风(热带气旋)个例资料和 18 个代表站的逐日降水资料,对影响海南的台风暴雨进行了统计分析。结果表明:1)20 世纪 80 年代以前为海南台风影响高峰期,以后为影响低发期。2)近 48 a 海南台风暴雨的年均发生频次、降水量、降水量占全年总降水量的平均比例和最大比例都呈减少趋势,而台风过程最大降水量和日最大降水量则呈弱增加趋势。3)中路类登陆台风出现大暴雨以上降水的机率最大。4)EOF 第一、第二特征向量场的空间分布分别为全区一致型、南北相反型。近 48 a 海南台风暴雨降水呈现一种波动下降的趋势,具有准 17 a、8 a 和 3 a 的周期。

关键词:台风暴雨;时空分布;气候特征;海南

文章编号:1674-7097(2015)05-0710-06 **中图分类号:**P4 **文献标志码:**A

doi:10.13878/j.cnki.dqkxxb.20141230001

Spatial and temporal distribution characteristics of typhoon precipitation in Hainan

LU Gui-rong^{1,2}, WANG Wen¹, ZHENG Mei-qin², CAI Qin-bo³

(1.School of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing 210044, China;

2.Rizhao Meteorological Bureaus, Rizhao 276826, China;3.Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570203, China)

Abstract: Based on the typhoon (tropical cyclone) cases influencing Hainan during 1966—2013 and the daily precipitation data of 18 stations, statistical analysis shows that: 1) The effect of Hainan typhoon is peak before 1980s, but it is opposite after 1980s. 2) The annual average occurrence frequency and precipitation of Hainan typhoon rainstorm during 1966—2013, and the average and maximum proportions of typhoon precipitation to annual total precipitation decrease, but the typhoon process maximum precipitation and daily maximum precipitation weakly increase. 3) The middle-path landing typhoon can make more heavy rainstorm. 4) The first and second eigenvector fields of EOF modes are the consistent positive or opposite pattern in all areas and the north-south opposite pattern, respectively. The precipitation of Hainan typhoon rainstorm shows a decreasing trend with fluctuation during 1966—2013, with quasi 17, 8 and 3-yr periodic variations.

Key words: typhoon rainstorm; spatial and temporal distributions; climate characteristics; Hainan

0 引言

我国是世界上台风登陆最多、灾害最重的国家

之一,平均每年登陆我国的台风约有 7~8 个(陈联寿和丁一汇,1979),对我国沿海地区的人畜造成生命威胁,使财产和经济遭受严重损失(Zhang et al.,

收稿日期:2014-12-30;改回日期:2015-07-14

基金项目:国家科技支撑计划项目(2013BAK05B03)

通信作者:陆桂荣,高级工程师,研究方向为气候变化, lgr2200@126.com.

2013;陶丽等,2013)。台风暴雨作为台风灾害的主要表现形式之一,是我国中东部地区的一种重要降水类型。近年来从气候角度研究台风降水受到越来越多的关注(Knutson et al.,2010;Wang et al.,2011;Ying et al.,2011;张润宇和李志强,2015)。韩晖(2005)分析指出1951—2001年间中国台风暴雨的地理分布存在很大的空间差异,暴雨发生频次的总体特征是由东南沿海向西北内陆逐渐减少,在同一纬度沿海地区的频次最高。王咏梅等(2008)研究发现1957—2004年台风降水在中国大部分地区为减少趋势。刘通易等(2013)指出1965—2010年夏季(7—9月)热带气旋降水主要影响中国东部和南部。自1965年以来,夏季影响中国的热带气旋降水呈现华东及东南沿海增多,华南沿海、海南岛以及西南地区减少的变化趋势。

我国台湾、华南和华东沿海是世界上受热带气旋袭击最频繁和灾害深重的区域之一(Lu and Zhao,2013;于润玲等,2013),处于最南端的海南省台风暴雨灾害尤为严重,学界对此有不少相关研究,如周光益等(2004)研究发现不同路径台风或热带风暴对海南尖峰岭强降水影响较大;吴胜安等(2007)研究指出海南热带气旋降水在年降水中的地位举足轻重;冯文等(2009)用个例证明登录海南的热带气旋强降水在空间和时间上都具有明显的中尺度特征;蔡小辉等(2012)分析了1117号强台风“纳沙”引发海南岛特大暴雨的过程。

台风暴雨雨量约占台风降水的一半,而台风暴雨雨量约占台风降水的90%以上,因此对台风暴雨的研究显得更为重要。本文选取1966—2013年海南台风个例和相关降水资料研究海南台风暴雨的气候特征,以期业务部门台风暴雨预报提供有益的参考。

1 资料和方法

由于海南各站建站时间长短不一,考虑资料的完整性,主要选取1966年1月—2013年12月海南省气象台提供的台风影响个例资料和18个代表站的逐日降水资料。按海南省气象台的业务规定,凡台风中心进入 $106\sim 114^{\circ}\text{E}$ 、 $15\sim 23^{\circ}\text{N}$ 区域达2个观测时次以上,便属于影响海南省的台风。本文所定义的台风降水是受台风的直接或间接影响,在海南台风影响区域产生的降雨过程。台风暴雨则是日降水量大于或等于50 mm的台风降水。

为分析海南台风暴雨的时空分布特征,采用了

线性趋势分析方法、经验正交函数分解(EOF)方法(施能,2012)和Morlet小波分析(魏凤英,2007)。

2 海南台风暴雨的时间特征

2.1 海南台风暴雨的年代际特征

1966—2013年海南共有315个影响台风,平均每年6.6个。对海南产生降水的台风共311个,有287个是台风暴雨,暴雨概率达92.3%;登陆台风99个,有97个是台风暴雨,占台风暴雨总频次的33.8%。

从表1中可以看到,1966—2013年海南各地台风暴雨年均发生频次为3.3次,年均降水量为449.3 mm。在各年代的数据统计中,20世纪70年代的年均发生频次、年均降水量分别为4.4次、606.2 mm。21世纪00年代的过程最大降水量、日最大降水量分别为1275.9 mm、644.6 mm,均为各年代最多;20世纪80年代的年均发生频次、年均降水量分别为3.8次、482.2 mm。20世纪70年代的过程最大降水量、日最大降水量分别为727.2 mm、490.3 mm,均为各年代次多。21世纪00年代的年均发生频次、20世纪60年代的年均降水量、2011—2013年的过程和20世纪90年代的日最大降水量分别为2.4次、341.8 mm、403.6 mm、353.8 mm,均为各年代最少。由此可见,20世纪80年代以前为台风影响高峰期,以后为影响低发期。21世纪00年代的年均发生频次最少、过程和日最大降水量却最多,这说明海南台风暴雨发生的概率降低但强度偏大。

表1 海南台风暴雨年代际统计值

Table 1 Interdecadal statistics of Hainan typhoon rainstorm

年份	年均发生频次	年均降水量/mm	过程最大降水量/mm	日最大降水量/mm
1966—1970年	2.7	341.8	417.5	362.7
1971—1980年	4.4	606.2	727.2	490.3
1981—1990年	3.8	482.2	517.4	354.8
1991—2000年	2.7	376.6	710.5	353.8
2001—2010年	2.4	395.5	1275.9	644.6
2011—2013年	3.2	417.3	403.6	360.5
1966—2013年	3.3	449.3	1275.9	644.6

2.2 海南台风暴雨的年内特征

2.2.1 年均发生频次和年均降水量的年内变化

图1为1966—2013年海南台风暴雨的年均发生频次和年均降水量。可见,近48 a的年均发生频

次和年均降水量呈减少趋势,平均分别减少 0.28 次/(10 a)和 28.2 mm/(10 a)。其中年均发生频次减少趋势更为明显,通过信度为 0.10 的显著性检验。年均发生频次和降水量的年际变化较大,1973 年最多,分别为 8.4 次和 1 031.6 mm;2004 年最少,因为没有台风影响,年均发生频次和降水量皆为零。

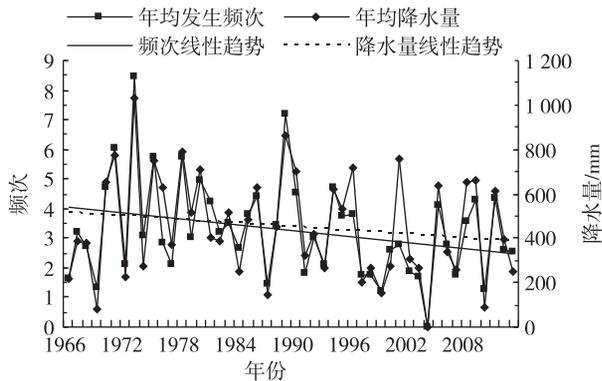


图 1 1966—2013 年海南台风暴雨的年均发生频次和降水量(单位:mm)

Fig. 1 Annual average occurrence frequency and precipitation (units: mm) of Hainan typhoon rainstorm from 1966 to 2013

2.2.2 过程和日最大降水量的年际变化

图 2 为近 48 a 中海南受台风影响的过程和日最大降水量。可见,近 48 a 海南台风过程和日最大降水量呈弱增加趋势,分别增加 6.9 mm/(10 a)和 3.8 mm/(10 a)。受 2001 年 0114 号热带风暴影响,海南大部地区出现大暴雨,昌江过程降水量高达 1 275.9 mm,降水日数多达 15 d,8 月 30 日的日降水量高达 644.6 mm,为历史少见。过程最大降水量最少为三亚 137.8 mm(受 2010 年 1002 号台风影

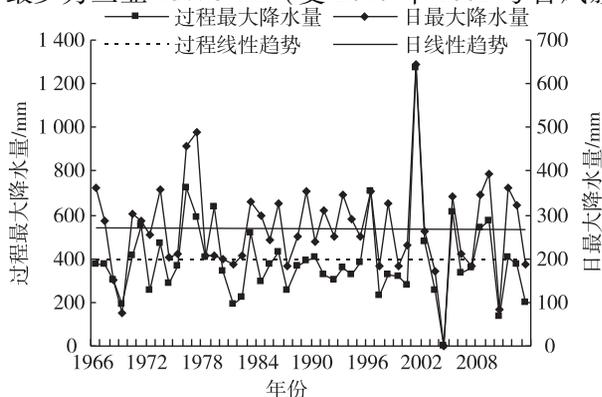


图 2 1966—2013 年台风过程最大降水量和日最大降水量(单位:mm)

Fig. 2 Typhoon process maximum precipitation and daily maximum precipitation from 1966 to 2013 (units: mm)

响)。日最大降水量最少为万宁 77.3 mm(受 1969 年 6908 号台风影响)。

2.2.3 台风暴雨降水量占全年总降水量的比例年际变化

图 3 给出海南台风暴雨降水量占全年总降水量的平均和最大比例。近 48 a 的平均百分率为 24.4%,平均最大百分率为 42.5%。有 47.9% 的年份占年降水的平均比重超过 25%,其中 1971、1973、1975 和 1989 年超过 40%。有 52.1% 的年份占年降水的最大比重超过 45%,其中 1977 年高达 84.4%。可见海南台风暴雨在年降水中占有较大比重,对年降水起到了非常重要的作用。此外,海南台风暴雨降水量占全年总降水量的平均和最大比例呈弱减少趋势,分别减少 3.1%/(10 a)和 2.2%/(10 a)。

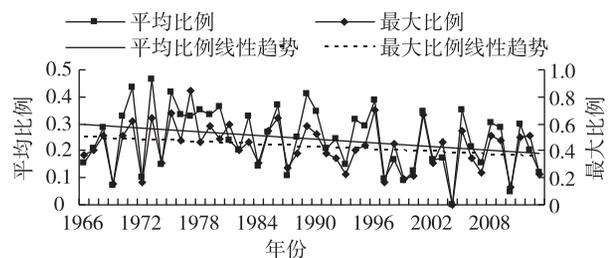


图 3 台风暴雨降水量占全年总降水量的平均比例和最大比例

Fig. 3 Average and maximum proportions of typhoon precipitation to annual total precipitation

以上分析表明,近 48 a 海南台风暴雨的年均发生频次和降水量皆呈减少趋势,这与王咏梅等(2008)、韩晖(2005)、刘通易等(2013)的结论一致,其中台风暴雨年均发生频次减少显著。进一步分析发现,海南台风暴雨年均发生频次与降水量相关性较好,相关系数为 0.908,显著性水平在 99.99% 以上。这说明海南台风暴雨平均年降水量与发生频次存在显著的正相关关系,即海南台风暴雨偏多的年份一般影响台风数也多,反之亦然。这表明影响海南台风频数的减少是台风暴雨减少的主要原因。

2.2.4 台风暴雨与路径的关系

登陆海南的台风暴雨与路径关系密切。台风暴雨的分布一般是不对称的。暴雨中心常位于台风路径的右侧,部分位于台风路径的左侧。本文把台风影响路径分为 3 类:在文昌一带沿海登陆定为北路类,在文昌以南、陵水以北一带沿海登陆定为中路类,在陵水以南一带沿海登陆定为南路类。

北路类台风有 30 个,产生 ≥ 200 mm 的暴雨有 18 个,占影响总数的 60%,其中 ≥ 400 mm 的占

10%。台风登陆后由南向西北偏北方向移动,从海口一带出海。

中路类台风有 39 个,产生 ≥ 200 mm 的暴雨有 25 个,占影响总数的 64%,其中 ≥ 400 mm 的占 18%。最大过程雨量达 600 mm 以上的共出现 4 次。台风登陆后大多数向西或西北方向移行,横穿五指山、黎母山区,从琼西地区出海。

南路类台风有 30 个,产生 ≥ 200 mm 的暴雨有 18 个,占影响总数的 60%,其中 ≥ 400 mm 的占 0.7%。最大过程雨量达 600 mm 以上的共出现 1 次。台风登陆后向西北方向移行,穿越岛屿后至昌江、东方一带出海。

由此可见台风影响的路径不同,大暴雨以上量级降水出现的机率差异很大,中路类台风出现的机率最大。

3 海南台风暴雨的空间特征

3.1 EOF 分析

对 1966—2013 年海南台风暴雨降水距平场进行经验正交函数 EOF 分解,得到反映其空间变化和时间变化的第一、第二特征向量场和时间系数(图

4)。第一主分量的解释方差为 66.8%,对应的第一特征向量场表明海南全岛受台风暴雨影响区域处于相同的正位相,尤其是中东部地区(琼海、万宁一带)位相值最大,反映了空间变化的整体一致性。第一时间系数的变化呈现下降的趋势。因此,近 48 a 海南台风暴雨降水场的主要变化是海南全岛呈现下降趋势,在台风暴雨降水最大的中东部地区的下降趋势最明显;第二主分量解释方差为 12.2%,其对应的第二特征向量场表明,琼海、屯昌和白沙一线以北的地区与以南地区的位相相反,降水南多北少,反映了空间变化的南北差异性。第二时间系数表现出明显的波动特征。第二特征向量场和时间系数反映了海南台风暴雨降水场的波动变化特征。因此,由上可知,近 48 a 台风暴雨降水呈现一种波动下降的趋势,其波动特征在不同地区表现不同。

3.2 小波分析

由于第一时间系数的变化大致代表了台风暴雨年均降水量的时间变化,因此用 Morlet 小波方法分析第一时间系数的周期性变化(图 5),表示标准化距平小波变换的实部,横坐标为年份,纵坐标与周期

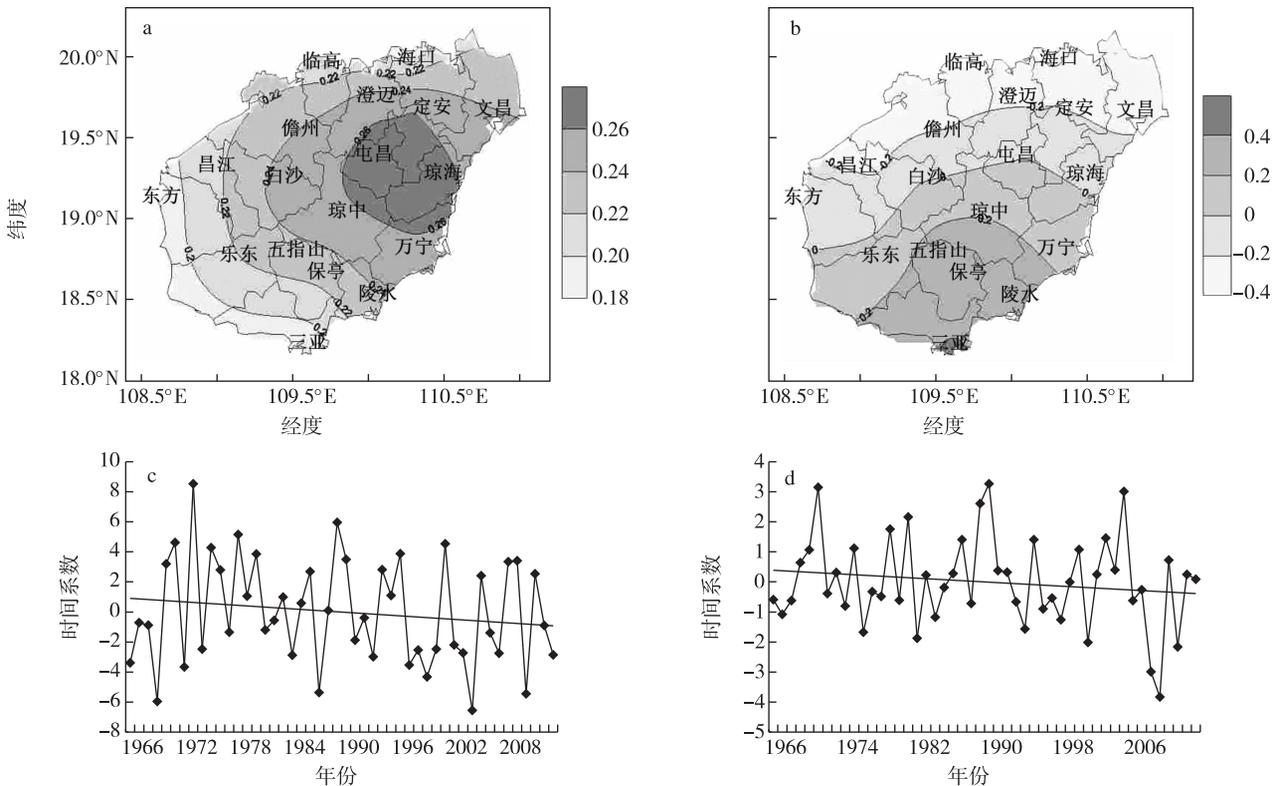


图 4 海南台风暴雨降水距平场的 EOF 分析 a.第一特征向量场;b.第二特征向量场;c.第一时间系数;d.第二时间系数
Fig.4 EOF analysis of precipitation anomaly field of Hainan typhoon rainstorm a.the first eigenvector field;b.the second eigenvector field;c.the first time coefficient;d.the second time coefficient

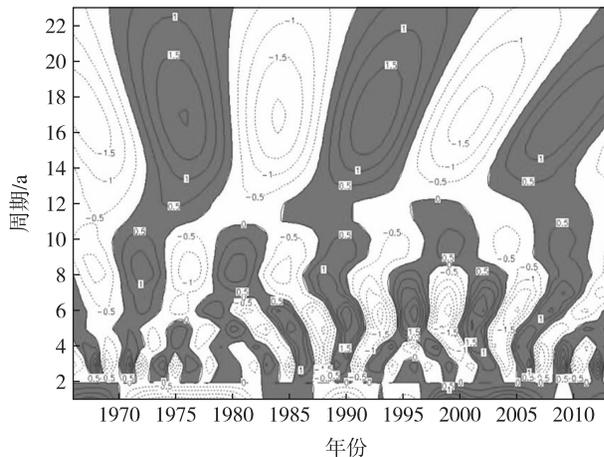


图 5 第一 EOF 模态时间系数的小波分析

Fig.5 Wavelet analysis of time coefficient of the first EOF mode

有关,等值线图中标有正值为高值中心,负等值线闭合中心为低值中心。分析发现,第一时间系数的变化存在明显的年代际、年际尺度的周期性变化。年代际变化的主周期为 17 a,表现为 3 个偏多期和 3 个偏少期。震荡变化的 6 个阶段分别为:1970 年以前为相对偏少、1971—1979 年相对偏多、1980—1987 年相对偏少、1988—1994 年相对偏多、1995—2004 年相对偏少、2005 年以后增加。这与前面年代际、年际变化的阶段性分析也比较吻合。年际变化的主周期为 8 a,次周期为 3 a。

4 结论

1) 20 世纪 80 年代以前为台风影响高峰期,以后为影响低发期。70 年代的台风暴雨年均发生频次、年均降水量,21 世纪 00 年代的台风过程最大降水量、日最大降水量为各年代最多。

2) 近 48 a 海南台风暴雨的年均发生频次和年均降水量皆呈减少趋势,其中台风暴雨年均发生频次减少显著。台风暴雨降水量占全年总降水量的平均和最大比例呈弱减少趋势,而台风过程和日最大降水量呈弱增加趋势。

3) 登陆台风影响路径分为北路类、中路类和南路类,中路类台风出现大暴雨以上降水的机率最大。

4) EOF 第一、第二特征向量场空间分布分别为全区一致型、南北相反型。近 48 a 海南台风暴雨降水呈现一种波动下降的趋势,具有准 17 a、准 8 a 和准 3 a 的周期。

参考文献 (References):

- 蔡小辉,杨仁勇,周过海,等.2012.1117 号强台风“纳沙”引发海南岛特大暴雨过程分析[J].气象研究与应用,33(2):5-8. Cai Xiaohui, Yang Renyong, Zhou Guohai, et al.2012. Analysis on heavy rainfall process caused by 1117 strong typhoon “Neuchatel” in Hainan island [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 33 (2):5-8. (in Chinese).
- 陈联寿,丁一汇.1979.西太平洋台风概论[M].北京:科学出版社. Chen Lianshou, Ding Yihui.1979. Introduction to west Pacific typhoon [M]. Beijing: China Science Press. (in Chinese).
- 冯文,许向春,黄耀怀,等.2009.登陆海南的热带气旋中尺度降水分布变化特征[J].气象,35(3):15-20. Feng Wen, Xu Xiangchun, Huang Yaohuai, et al.2009. Distribution and variation characteristics of mesoscale precipitation of tropical cyclones landed in Hainan [J]. Meteor Mon, 35(3):15-20. (in Chinese).
- 韩晖.2005.近 50 年中国台风暴雨研究[D].北京:北京师范大学. Han Hui.2005. A study on typhoon torrential rain over China during the last about 50 years [D]. Beijing: Beijing Normal University. (in Chinese).
- Knutson T R, McBride J L, Chan J, et al.2010. Tropical cyclones and climate change [J]. Nature Geoscience, 3(3):157-163.
- 刘通易,吴立广,张娇艳,等.2013.1965—2010 年 7—9 月影响中国的热带气旋降水变化趋势分析[J].气象学报,71(1):63-75. Liu Tongyi, Wu Liguang, Zhang Jiaoyan, et al.2013. Analysis of tropical cyclone precipitation changes in China in July September during 1965—2010 [J]. Acta Meteor Sinica, 71(1):63-75. (in Chinese).
- Lu Xiaoqin, Zhao Bingke.2013. Analysis of the climatic characteristics of landing tropical cyclones in East China [J]. J Trop Meteor, 19(2):145-153.
- 施能.2012.气象统计预报[M].北京:气象出版社. Shi Neng.2012. Statistical forecast of meteorology [M]. Beijing: China Meteorological Press. (in Chinese).
- 陶丽,靳甜甜,濮梅娟,等.2013.西北太平洋热带气旋气候变化的若干研究进展[J].大气科学学报,36(4):504-512. Tao Li, Jin Tiantian, Pu Meijuan, et al.2013. Review of the researches on climatological variations of tropical cyclones over western North Pacific [J]. Trans Atmos Sci, 36(4):504-512. (in Chinese).
- Wang Ruifang, Wu Liguang, Wang Chao.2011. Typhoon track changes associated with global warming [J]. J Climate, 24(14):3748-3752.
- 王咏梅,任福民,李维京,等.2008.中国台风降水的气候特征[J].热带气象学报,24(3):233-238. Wang Yongmei, Ren Fumin, Li Weijing, et al.2008. Climatic characteristics of typhoon precipitation over China [J]. J Trop Meteor, 24(3):233-238. (in Chinese).
- 魏凤英.2007.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社. Wei Fengying.2007. The modern climate statistical diagnosis and prediction technology [M]. Beijing: China Meteorological Press. (in Chinese).
- 吴胜安,郭冬艳,杨金虎.2007.海南热带气旋降水的气候特征[J].气象科学,27(3):307-311. Wu Shengan, Guo Dongyan, Yang Jinghu.2007. Hainan tropic cyclone rainfall's climate characters [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 27(3):307-311. (in Chinese).
- Ying Ming, Yang Yuhua, Chen Baode.2011. Climatic variation of tropical

- cyclones affecting China during the past 50 years[J].*Science China Earth Sciences*,54(8):1226-1237.
- 于润玲,余晖,端义宏.2013.登陆华南热带气旋强度变化与大尺度环流的关系[J].*大气科学学报*,36(5):619-625. Yu Runling, Yu Hui, Duan Yihong. 2013. Relationship between intensity change of tropical cyclone landing in South China and large-scale circulation [J].*Trans Atmos Sci*,36(5):619-625.(in Chinese).
- Zhang Jiaoyan, Wu Liguang, Zhang Qiang. 2013. Tropical cyclone damages in China under global warming[J].*J Trop Meteor*,19(2):120-129.
- 张润宇,李志强.2015.2012年登陆我国热带气旋的气候特征分析[J].*海洋预报*,32(2):38-44. Zhang Runyu, Li Zhiqiang. 2015. Analysis of the climatic characteristics of tropical cyclones making landfalls in China in 2012[J].*Marine Forecasts*,32(2):38-44.(in Chinese).
- 周光益,邱坚锐,邱治军,等.2004.不同路径台风或热带风暴对海南尖峰岭强降水的影响[J].*生态学报*,24(12):2723-2727. Zhou Guangyi, Qiu Jianrui, Qiu Zhijun, et al. 2004. Influences of typhoons or tropical storms with different pathways on the intense precipitation of Hainan's Jianfengling[J].*Acta Ecologica Sinica*,24(12):2723-2727.(in Chinese).

(责任编辑:孙宁)