

1961—2018年影响深圳市的台风特征分析

尹宜舟

(国家气候中心, 北京 100081)

摘要: 采用ArcGIS空间分析技术、信息扩散技术等方法, 统计分析了1961—2018年影响深圳市的台风特征。结果显示, 进入深圳市300 km缓冲区(以下简称缓冲区)的台风频数呈现出明显的下降趋势, 概率分析表明深圳市易受强热带风暴及以上等级的台风的影响; 深圳市年台风降水量及其占年总降水的比例均呈现出明显的下降趋势, 而极大风速呈现出弱的下降趋势; 三类登陆台风分析表明, 在深圳西侧一带登陆的台风往往会给深圳带来较强的风雨影响, 在深圳东侧一带登陆的台风可产生较持续的影响, 从深圳以南登陆的台风对深圳市的影响总体上偏小。

关键词: 台风, 风雨影响, 深圳

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2022.01.007

Analysis on the Characteristics of Typhoon Affecting Shenzhen City From 1961 to 2018

Yin Yizhou

(National Climate Centre, Beijing 100081)

Abstract: By using ArcGIS spatial analysis technology and information diffusion technology, the characteristics of typhoons affecting Shenzhen from 1961 to 2018 are analyzed in this paper. The results suggest that the frequency of typhoons entering the 300 km buffer zone of Shenzhen shows an obvious downward trend, and the probability analysis shows that Shenzhen is vulnerable to severe tropical storms and higher magnitude of typhoons. The annual precipitation caused by typhoon and its proportion to the total annual precipitation in Shenzhen show an obvious downward trend, while the extreme wind speed shows a weak downward trend. The analysis of three types of landfall typhoons shows that typhoons landing on the west side of Shenzhen often have a strong wind and rain impact on Shenzhen, typhoons landing on the east side of Shenzhen can have a more sustainable impact, and typhoons landing from south of Shenzhen generally have a relative weak impact on Shenzhen.

Keywords: typhoon, influence of wind and rain, Shenzhen

0 引言

深圳市地处珠江口东侧, 台风灾害频发, 严重威胁着当地群众的生命和财产安全, 在短时间内能够对深圳市的敏感行业带来“巨灾”^[1]。随着经济社会的快速发展, 深圳市人口和财富愈发集中, 面对灾害的影响更加脆弱, 灾害风险不断增长^[2-4]。

对于深圳市受台风影响的特征已经有不少研究, 如王明浩等^[5]分析了1953—2005年期间影响深圳市的台风, 指出在变暖的背景下, 影响深圳的台风减少了, 但由台风引起的强降雨加大。李辉等^[6]统计了1952—2008年影响深圳市的热带气旋气候特征, 结果显示影响深圳的台风在20世纪50—80年代处于高频次

期, 90年代处于低频次期。深圳市气象局还先后开发了深圳市台风影响概念模型^[7]以及基于风雨影响评估的台风数据库系统^[8]。

近年来, 不断有破纪录的台风事件影响深圳, 如1702号台风“苗柏”于2017年6月12日在深圳市登陆, 成为有记录以来登陆深圳最早的台风。同年, 深圳市遭受了历史罕见的台风“三连击”, 8月下旬—9月初, 短短半个月, “天鸽”“帕卡”“玛娃”相继登陆广东, 均给深圳市带来明显的风雨影响, 特别是“天鸽”, 登陆时中心附近最大风速达48 m/s, 为1949年以来登陆珠江口最强的台风^[9]。2018年第22号台风“山竹”于9月16日在广东江门台山登陆, 登陆时中心附近最大风速达45 m/s。“山竹”导致深圳市出现了30多年来最严重的风灾, 期间12级以上阵风持续13 h, 10级以上阵风持续25 h, 大风影响累计时间突破历史记录, 成为1983年之后影响深圳最严重台风^[10]。

本文采用最新的台风资料, 分析1961—2018年影响深圳市的台风特征, 以求获取最新的台风信息, 为

收稿日期: 2020年10月21日; 修回日期: 2021年3月20日
第一作者: 尹宜舟(1984—), Email: yin_yizhou@foxmail.com
资助信息: 国家自然科学基金项目(41505060); 江苏省博士后基金(2019K96); 国家科技基础资源调查专项(2018FY100501); 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201506002)

防台减灾工作提供参考。

1 资料与方法

本文所用的深圳气象观测站点资料来自于国家气象信息中心, 台风路径资料采用的是中国气象局整编的热带气旋最佳路径资料集^[11]。文中概率计算采用的是信息扩散技术, 该方法由黄崇福提出, 主要用于解决样本信息不充分、数据不完备的小样本概率分布估计问题^[12]。

台风内低空风场的水平结构可分为三个区域: 台风大风区、台风涡旋区、台风眼区, 其中, 在最外圈的台风大风区直径一般为400~600 km, 风力可达15 m/s (7级), 向内风速急增^[13]。阮惠华等^[14]在构建影响广东的台风缓冲区分析模型时, 将7级风圈对应的缓冲半径定为300 km。因此本文以深圳区域边界为基础, 以300 km为半径, 建立缓冲区(图1), 进入缓冲区的台风认为是影响深圳市的台风。为有效提取进入缓冲区内的台风信息, 在台风6 h路径点之间线性插入8个点, 并对台风强度进行线性内插, 获取各点上的台风信息^[15]。利用ArcGIS空间分析技术, 提取出在缓冲区内的台风点以及在深圳市范围内的台风点, 如图1所示, 利用这些台风点统计缓冲区内台风频数、平均强度和持续时间。

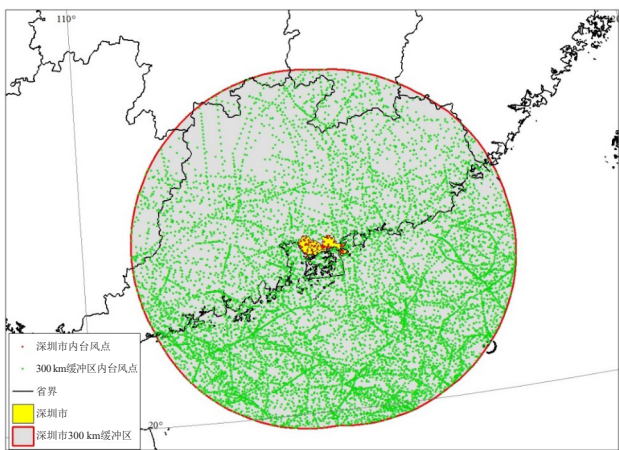


图1 影响深圳市的台风提取示意图

Fig.1 Schematic diagram of typhoon extraction affecting Shenzhen

2 结果分析

2.1 台风基本特征

经统计, 1961—2018年共有248个台风进入缓冲区(含进入深圳市内的台风, 下同), 平均每年有4.2个; 最多的年份出现在1974年, 共9个, 1969、2007、2015年均只出现1个。整体上, 进入缓冲区的台风频

数呈现出下降趋势, 下降速率为0.27个/10 a(图2), M-K检验^[16]结果显示, 指标Z值绝对值为1.76, 大于95%信度临界值为1.64, 表明进入缓冲区的台风频数下降趋势明显。

1961—2018年, 缓冲区内台风活动的平均强度(采用台风低层2分钟平均近中心最大风速来描述, 下同)呈现弱的增加趋势, 但是未通过95%的M-K信度检验, 趋势不显著。缓冲区内台风年平均强度最大值为36.4 m/s, 出现在1996年。2011年以来, 平均强度为26.2 m/s, 明显大于2001—2010年的平均值(21 m/s)。其中, 2013年平均强度为35.6 m/s、2012年为30.4 m/s、2015年为29.7 m/s、2017年为28.3 m/s, 分别为1997年以来前四位大值年。可以看出, 近十年来, 缓冲区内活动的台风平均强度增强(图2)。

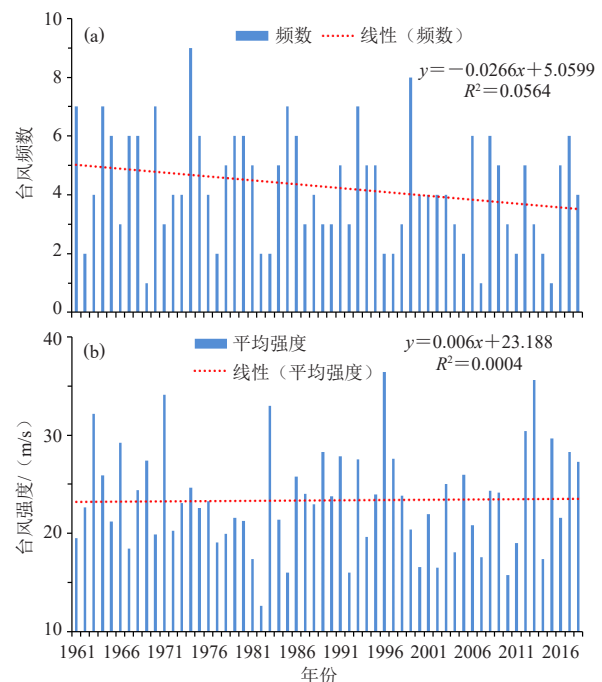


图2 1961—2018年进入缓冲区的台风频数(a)及平均强度(b)变化

Fig.2 Changes in the frequency (a) and average intensity (b) of typhoons entering the buffer zone from 1961 to 2018

1961—2018年, 共有24个台风进入深圳市境内, 平均每年0.41个, 其中2008年有3个; 深圳市境内台风平均强度为21.5 m/s, 最强为6423号台风, 平均强度达41 m/s。近10年来, 平均强度最大的台风为0906号台风“莫拉菲”, 达30.3 m/s。

概率分析表明(图3), 缓冲区内和深圳市内的台风平均强度均较多地出现在10~30 m/s, 其累积概率分别达76.1%、71.3%; 超过24.5 m/s(强热带风暴及以上)的概率分别为45.5%、43.3%; 超过32.7 m/s(台风及

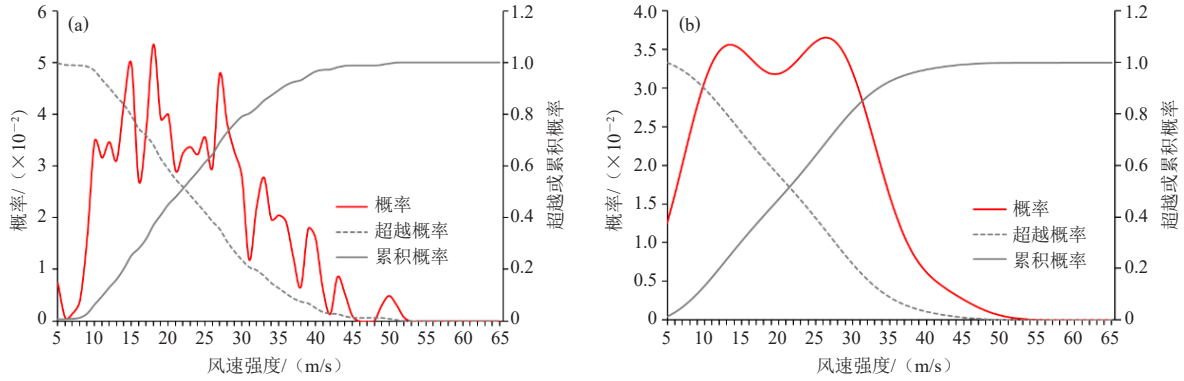


图3 1961—2018年进入缓冲区 (a) 和深圳境内 (b) 的台风平均强度概率曲线

Fig.3 Probability curve of typhoon average intensity entering the buffer zone (a) and Shenzhen (b) from 1961 to 2018

以上)的概率分别为17.5%、13.1%;可以看出深圳市易遭受强热带风暴及以上等级的台风影响。

2.2 台风引起的风雨特征

统计显示,1961—2018年,深圳平均每年台风降水为333.9 mm,占年总降水量平均比例为17.0%,两者均呈现出明显的下降趋势(图4),且通过95%的信度检验(Z值绝对值分别为1.8和2.2)。1961—2018年,深圳因台风引起的最大过程雨量和日降水量分别为487.9 mm和303.1 mm,分别由7807和6423号台风引起。概率分析表明(图5):深圳台风过程最大日

降水量50~100 mm(暴雨强度)累积概率为42.3%,100~250 mm(大暴雨强度)累积概率为32.9%,超过100 mm的概率为34.4%,超过250 mm(特大暴雨强度)的概率为1.5%。

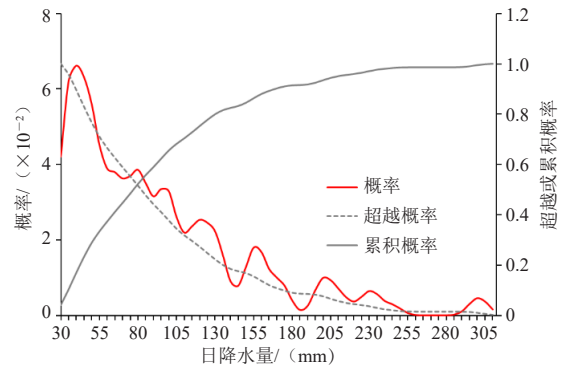


图5 1961—2018年深圳台风引起的最大日降水量概率分布图
Fig. 5 Probability distribution of maximum daily precipitation caused by typhoon in Shenzhen from 1961 to 2018

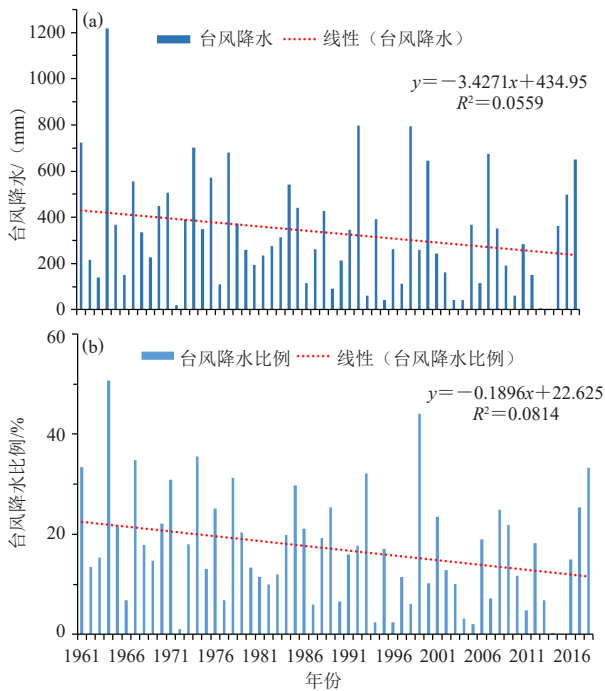


图4 1961—2018年深圳年台风降水 (a) 及占年总降水量的比例 (b)

Fig.4 Annual typhoon precipitation in Shenzhen (a) and its proportion to total annual precipitation (b) from 1961 to 2018

因为深圳站日极大风速在1993年之后才有观测记录,为分析极大风速特征,基于台风影响期间深圳站日最大风速和日极大风速样本,建立了两者之间的关系式,如图6所示。两者之间有着较好的幂函数关系,拟合结果与观测值之间的相关系数达0.918。对日极大风速缺测的样本,采用该幂函数关系式,利用日最大风速进行推算,因为日最大风速自1971年以来才有记录,因此最终极大风速分析的时段为1971—2018年。

统计出1971—2018年台风影响期间深圳逐年最大的日极大风速,结果显示(图7a),年极大风速呈现出弱的下降趋势,未通过95%的信度检验,表明趋势不显著。1971—2018年,深圳因台风引起的极大风速极值为48.8 m/s,由7118号台风引起,其次为8721号台风引起的36.7 m/s。概率分析表明(图7b),深圳由台风引起的日极大风速为20.8~32.6 m/s(风力为9~11级)

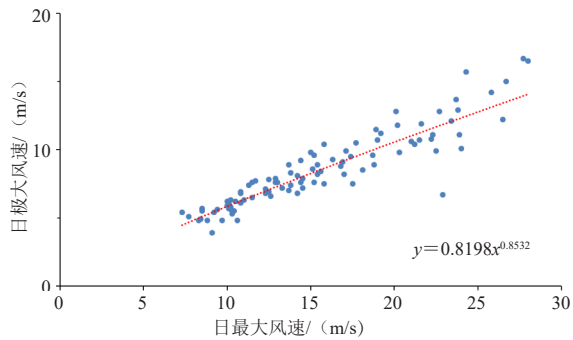


图6 台风引起的深圳日最大风速与日极大风速散点图
Fig. 6 Scatter chart of daily maximum wind speed and daily extreme wind speed caused by typhoon in Shenzhen

出现的概率为25.2%，超过32.7 m/s（达到12级风力）出现的概率为2.4%，二者（达到9级以上风力）累积概率达到27.6%。

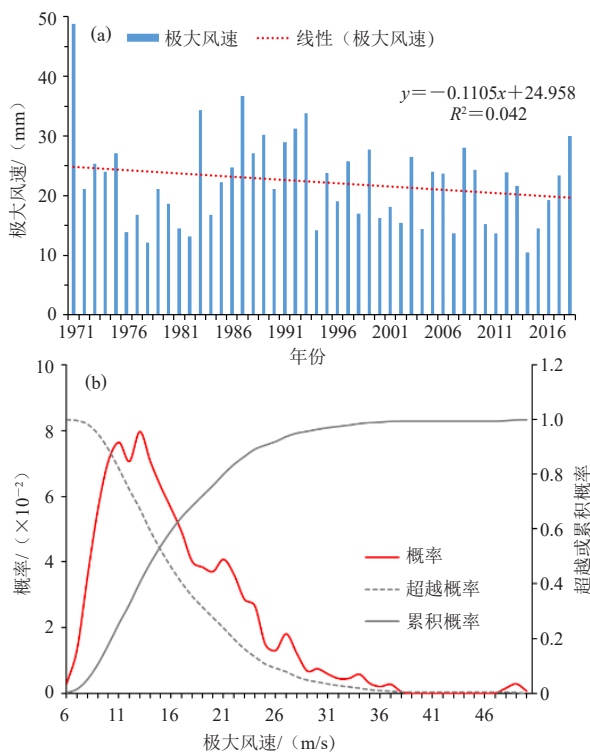


图7 1971—2018年深圳台风引起的极大风速(a)及其概率分布图(b)

Fig. 7 Extreme wind speed (a) and its probability distribution (b) caused by typhoon in Shenzhen from 1971 to 2018

2.3 三种登陆台风的特征分析

为了分析在不同位置登陆的台风对深圳市的影响，将登陆深圳及周边的台风分为三类，分别为在深圳东侧一带登陆（深圳东侧、惠州、惠东一带）、深圳西侧一带登陆（深圳西侧、澳门、珠海、中山、东莞、广州等）、深圳以南登陆（香港）的台风。经统计，

1961—2018年，共有15个台风在深圳东侧登陆，26个在深圳西侧登陆，11个在深圳以南登陆。

对比分析了三种路径下台风的平均登陆强度、缓冲区内平均持续时间、缓冲区内平均强度、在缓冲区活动时深圳站平均最大日降水量、平均过程雨量、平均极大风速，如表1所示。可以看出，在深圳西侧一带登陆的台风平均登陆强度最强，为29.3 m/s，同时其缓冲区内平均强度、所引起的深圳站风雨指标均为最大。缓冲区内平均持续时间最长的是深圳东侧一带登陆的台风，为38.6 h。从深圳以南登陆然后影响深圳的台风登陆强度以及对深圳引起的风雨都相对偏小。

表1 三种路径下台风基本特征对比表
Table 1 Comparison of the basic characteristics of typhoons among three tracks

	平均登陆强度/ (m/s)	缓冲区内 平均持续 时间/h	缓冲区内 平均强度 /(m/s)	深圳站平均 最大日降水 量/mm	深圳站平 均过程雨 量/mm	深圳站平均 日极大风速 /(m/s)
深圳东侧 一带	26.1	38.6	25.4	115.5	158.0	20.4
深圳西侧 一带	29.3	32.8	26.9	129.3	158.7	24.9
深圳以南 登陆	25.7	36.3	22.6	70.4	111.0	17.4

进入缓冲区且导致深圳站出现日降水量超过200 mm的台风过程共9个，这9个台风均在深圳西侧一带登陆（6个在珠江口登陆，3个在珠江口以西登陆）。极大风速前8的台风，有7个在深圳西侧一带登陆（3个在珠江口登陆，4个在珠江口以西登陆），1个在深圳东侧一带登陆。总体上可以看出在深圳西侧一带登陆的台风往往会给深圳带来较大的风雨影响。

进一步对比三种路径下台风登陆前后（登陆时刻所在的6小时路径段上的两个端点时间）强度变化，如表2所示，深圳西侧一带登陆的台风登陆前平均强度最大，达32.3 m/s，登陆后强度只有21.4 m/s，登陆后强度平均减弱比率达32.8%，为三种路径中减弱比率最大。在深圳东侧一带登陆的台风，其平均强度较强，且在缓冲区内平均持续时间最长，登陆后强度减

表2 三种路径下台风登陆前后强度变化对比表
Table 2 Comparison of intensity changes of typhoons before and after landfall among three paths

	登陆前平均强度/ (m/s)	登陆后平均强度/ (m/s)	登陆后强度平均减 弱比率/%
深圳东侧 一带	29.8	23.5	20.7
深圳西侧 一带	32.3	21.4	32.8
深圳以南 登陆	27.2	21.3	23.2

弱速度也最慢，结合台风西行或西北行的路径，其对深圳可产生较持续的影响，如表1所示，其平均的过程雨量达158 mm，接近于在深圳西侧一带登陆的台风。

3 结论

本文统计分析了1961—2018年影响深圳市的台风基本特征以及风雨特征，同时将在深圳及其周边登陆的台风分为三类，包括深圳东侧一带、深圳西侧一带、深圳以南登陆，探讨这三类台风对深圳影响的差异性，共得到如下结论。

1) 1961—2018年，平均每年有4.2个台风进入深圳市300 km缓冲区，且进入的台风频数呈现出明显的下降趋势，台风在缓冲区内活动的平均强度变化趋势不明显，但是近10年的平均强度明显高于2001—2010年。概率分析显示，缓冲区内和深圳市内的台风平均强度出现超过24.5 m/s（强热带风暴及以上）的概率分别为45.5%、43.3%，表明深圳市易遭受强热带风暴及以上等级的台风的影响。

2) 1961—2018年，深圳平均每年台风降水量为333.9 mm，占年总降水量平均比例为17.0%，两者均呈现出明显的下降趋势。台风引起的极大风速呈现出弱的或不显著下降趋势。概率分析显示，深圳台风过程最大日降水量超过100 mm的概率为34.4%，日极大风速超过9级（20.8 m/s）的概率为27.6%。

3) 三种登陆台风分析显示，在深圳西侧一带登陆的台风平均登陆强度、缓冲区内平均强度、所引起的深圳站风雨指标均为最大，表明在珠江口登陆的台风往往会给深圳带来较强的风雨影响。在深圳东侧一带登陆的台风，其平均强度较强，且在缓冲区内平均持续时间最长，登陆后强度减弱速度最慢，结合台风西行或西北行的路径，其对深圳可产生较持续的影响。从深圳以南登陆的台风对深圳市的影响总体偏小。

4) 本文采用了由最大风速拟合反推1993年以前的极大风速值，这中间存在一定的不确定性，待后续存在更多的极大风速样本时再进行统计分析。另外本文仅分析了影响深圳的台风基本特征，下一步将结合灾情资料，分析影响深圳的台风致灾机理，以及采用数值模式、合成分析等方法从机理上分析三种登陆台风对深圳造成不同风雨影响的成因。

参考文献

- [1] 孙石阳, 余立平, 兰红平, 等. 2008年极端天气对深圳高敏感行业的影响与预评估策略. 广东气象, 2009, 31(5): 31-34.
- [2] 王静爱, 周洪建, 袁艺, 等. 区域灾害系统与台风灾害链风险防范模式——以广东为例. 北京: 中国环境出版社, 2013: 65-78.
- [3] 张悦, 李珊珊, 陈灏, 等. 广东省台风灾害风险综合评估. 热带气象学报, 2017, 33(2): 281-288.
- [4] Guo Y, Hou Y, Qi P. Analysis of typhoon wind hazard in Shenzhen City by Monte-Carlo simulation. Journal of Oceanology and Limnology, 2019, 37(6): 1994-2013. <https://doi.org/10.1007/s00343-019-8231-9>.
- [5] 王明洁, 张小丽, 朱小雅, 等. 1953—2005年深圳灾害性天气气候事件的变化. 气候变化研究进展, 2007, 3(6): 350-355.
- [6] 李辉, 郑群峰, 王博, 等. 1952—2008年影响深圳市热带气旋的气候特征. 广东气象, 2010, 32(5): 12-14.
- [7] 胡娟, 王明洁, 张蕾, 等. 深圳重大灾害性天气的概念模型系统介绍. 广东气象, 2012, 34(4): 35-37.
- [8] 郑群峰, 徐文文, 李磊, 等. 基于风雨影响评估的深圳市热带气旋数据库系统. 气象与减灾研究, 2014, 37(2): 55-60.
- [9] 深圳市气象局. 深圳市气候公报 (2017年). 深圳: 深圳市气象局, 2018. <http://weather.sz.gov.cn/qixiangfuwu/qihoufuwu/qihouguanceyupinggu/nianduqihougongbao>.
- [10] 深圳市气象局. 深圳市气候公报 (2018年). 深圳: 深圳市气象局, 2019. <http://weather.sz.gov.cn/qixiangfuwu/qihoufuwu/qihouguanceyupinggu/nianduqihougongbao>.
- [11] Ying M, Zhang W, Yu H, et al. An overview of the China Meteorological Administration tropical cyclone database. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2014, 31(2): 287-301.
- [12] 黄崇福. 自然灾害风险评估理论与实践. 北京: 科技出版社, 2005: 45-94.
- [13] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法 (第四版). 北京: 气象出版社, 2007: 511-512.
- [14] 阮惠华, 刘三梅, 徐美红, 等. 台风风圈模型的分析. 广东气象, 2015, 37(1): 19-21.
- [15] 尹宜舟, 罗勇, 肖风劲, 等. 1971—2011年中国县级行政区热带气旋基本气候特征. 热带气象学报, 2014, 30(6): 1089-1097.
- [16] 朱玉祥. 大气科学中的统计方法 (第三版). 北京: 气象出版社, 2017: 134-136.