

我国沿海台风百年遇重大灾害 的 Poisson 分布特征^①

杨元琴

(国家气象中心,北京 100081)

提 要

使用 114 年西北太平洋台风资料,50 年台风灾害和灾害指数诊断资料与美国 70 年灾害指数的研究进行对比分析,研究我国沿海地区代表站的百年遇重大台风灾害的 Poisson 分布特征和灾害指数与台风强度的分布关系。采用 Poisson 分布对中国沿海热带气旋致灾机理和灾害特征进行分析研究,给出中国北起渤海湾,南到广西的广大海岸线上,台风登陆致灾度(灾害分类、致灾频率, N 年遇度等)分析,指出 Poisson 分布对描述强破坏力的台风袭击可能性,对城市工农业发展的规划设计具有重要的应用价值。台风灾害指数与台风强度的分析为我国和西北太平洋台风登陆灾害及损失的客观评估提供了重要的参考。

关键词: 百年一遇 台风灾害 分布特征

引 言

对策理论是 20 世纪 20 年代由著名数学家与计算机理论奠基人冯·诺伊曼提出的^[1],随着计算机技术的发展,对策理论研究应用领域得到广泛的扩展,近年来国外已出现新的研究进展^[2],在减灾对策研究与应用方面取得了显著的经济效益和社会效益。

作为对策论应用与研究之一,早在 1981 年,美国气象学者飓风预报专家 C.J. Neumann 把变换的 poisson 方程用于讨论美国沿海不同地区热带风暴的致灾度。2000 年他在讨论美国东部沿海飓风登陆影响致灾时,提出一种观点认为,热带气旋的成功预报只是灾害对策警报的第一步,数千公里的海岸线上,热带气旋即便登陆,其对各地影响差异甚大。近年研究表明^[3],台风登陆对我国沿海天气影响十分复杂。随着沿海地区经济高速发展,台风天气的致灾防灾机理研究十分重要。

本文应用 Poisson 分布对中国沿海热带气旋致灾机理进行分析研究,诊断分析中国

北起渤海湾,南到广西的沿海地区代表站,台风登陆致灾度(灾害分类、致灾频率, N 年遇度等)特征,定量给出 N 年遇度的分布参数。

1 台风灾害特征与 Poisson 分布

为了揭示复杂的灾害天气的规律,对大量的灾害天气现象进行统计分析是十分必要的。我们已有关于台风的 114 年正规的书面报告观测记录,对台风灾害记录也积累了约百年。其中我们采集到大西洋飓风灾害记录达 70 余年,太平洋台风灾害也收集到 50 余年的珍贵记录。用计算机研究分析台风致灾的地域、时间分布规律时,我们发现,用 Poisson 分布来研究台风活动的客观规律,对灾害的诊断和辅助决策研究是有意义的。

所谓 Poisson 分布,其定义为:若不连续随机变数(如灾害台风对某地的袭击数) X 分布具有下列的随机特征

$$f(X) = e^{-\lambda} \lambda^X / x!, \quad x = 0, 1, 2, \dots, M$$

式中 $\lambda > 0$ 。

由于对于某一地区而言,破坏性灾害台风的登陆点难以精确预测,或者认为是小概

^① 本文系由中国气象局“九五”青年气象科学基金资助

率事件, Poisson 分布对表达这种小概率事件是很合适的。设随机变数 X 表示於某一段时间或某一特定区域内, 某特定事件发生的次数。此随机变数 X 称为 Poisson 随机变数, Poisson 分布性质为:

(1) 发生於一段时间或特定区域 t 的“成功次数”的均数 λ 为已知。

(2) 不管时间或区域的始点, 在某一段时间或特定区域内, 事件发生的几率相同。

(3) 将时间或区域细分至较小单位, 则事件为 $(0, 1)$ 分布。即不是只出现一次, 就是不出现, 亦即每一微小试验区间, 不是成功就是失败。

(4) 事件在各段时间或特定区域上之发生是相互独立的。

(5) λ 与所选择的时间或区域的大小 t 成正比。

对于任意地点受灾害台风突然袭击的分布特点正好与 Poisson 分布的这些性质相吻合。

2 我国沿海强台风灾害 N 年遇度的特征分析

2.1 台风灾害 N 年度遇概念

台风活动的地域性特征是什么? 研究与获得这一信息对我们防灾减灾意义重大。具有强破坏力的台风灾害什么时候可侵袭本地是人们特别关注的问题。尤其是沿海地区, 由于台风活动比较频繁, 强破坏力的台风袭击可能性的研究对该地区工农业发展的规划设计是十分重要的^[4]。如同研究长江、黄河流域等地区洪水灾害 N 年一遇的特征是防洪设计之必需一样, 测算强台风对某地的危害程度, 给出灾害的分布特征及 N 年遇度数据是十分有意义的。例如, 1996 年, 一个特强的台风 9615 号于 1996 年 9 月 9 日, 以人们始料不及的快速度登陆广东湛江, 造成百年老树连根拔起, 数千吨的海船被吹翻; 停在机场的飞机被吹毁等等。该台风的特强破坏力是近 100 年袭击湛江及周边地区绝无仅有的。

在广东沿海, 每年有 3~5 个台风登陆是常见的, 但如此强的台风对湛江的破坏是近 100 年来罕见的。工程界十分关心获取 N

年遇特大灾害台风的数据。如海洋石油平台、海滨高层建筑及海滨旅游设施等抗风能力设计就特别需要这些数据。通常须要计算这类灾害的 25 年遇、50 年遇、百年一遇等数据。以下讨论我国沿海台风灾害 N 年遇特征。

2.2 用 Poisson 方程对我国沿海强台风灾害 N 年遇特征的分析

如上所述, N 年一遇强台风灾害袭击的研究是有重要使用价值的。通常, N 的数值大小取决于使用者的需要和历史资料的长度。过小的 N 值应用价值和测算精度是有限的^[5]。本文采用收集到的 100 余年的热带气旋灾害资料和台风路径及强度资料, 采用 Poisson 分布对我国北起丹东, 南到西沙岛和广西钦州 30 个重要选站进行了百年台风特大灾害 N 年遇度分析。令 N 年遇台风灾害对某地的袭击概率为

$$f(X) = e^{-\lambda} \lambda^X / X!, x = 0, 1, 2, \dots, N$$

其中, $\lambda =$ 登陆台风个数/资料年代

测算 N 年遇度, 资料长度通常应大于 N , 如计算 50 年一遇, 用 20 年资料是不可以的。本文采用王继志、杨元琴^[5] 收集的 114 年的台风资料(1884~1998)及台风灾害资料, 这样保证了分析结果的代表性。

图 1 是我国沿海 30 个选站的百年遇登陆该站的台风和登陆前后达 12 级的强台风的分布。这 30 个选站见表 1。由图 1 可以看到以下事实:

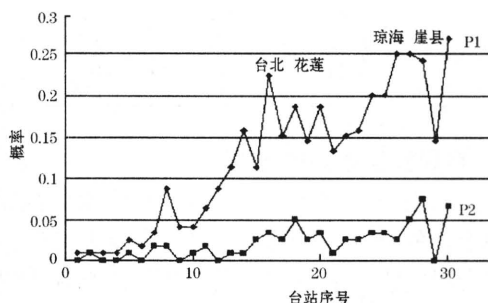


图 1 中国海岸线 30 个代表站百年遇强灾害台风(P1)和强灾害台风(P2)袭击的概率

(1) 台风侵袭我国沿海地带的概率从北向南随纬度的降低而增加。

(2) 概率随纬度向南增加出现 4 个峰值, 分别在吕泗、福州和台湾花莲及海南琼海—崖县地区。西沙岛作为一特例的峰值区(伸入到海中岛屿)。

(3) 研究登陆时风力达到 12 级以上的台风侵袭地域分布结果显示, 峰值浓缩在台湾花莲及海南的琼海—崖县地区。

(4) 广东的湛江和阳江也在强灾害台风百年遇级别的高值区内。

以上分析表明, 在台风活动和灾害最剧烈的我国沿海地带, 百年遇灾害台风的峰值地区位于海上地形突出的两个大岛台湾和海南的端点上。即台湾花莲及海南的琼海—崖县地区。

表 1 30 个代表站位置及登陆台风资料

序号	站名	纬度(N)		经度(E)		登陆个数		生命史	登陆时
						$R < 1.5$ 纬距	$R < 0.2$ 纬距	$V > 33\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$V > 33\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
1	丹东	40°	03°	124°	20°	5	1	0	0
2	大连	38°	54°	121°	38°	6	1	1	0
3	锦州	41°	08°	121°	07°	2	1	0	0
4	天津	39°	13°	117°	07°	2	1	0	0
5	成山头	37°	24°	122°	41°	8	3	1	0
6	青岛	36°	04°	120°	20°	5	2	0	0
7	射阳	33°	46°	120°	15°	6	4	2	0
8	吕泗	32°	04°	121°	36°	18	11	2	0
9	上海	31°	07°	121°	23°	23	5	0	0
10	定海	30°	02°	122°	07°	31	5	1	0
11	石浦	29°	12°	121°	57°	37	8	2	1
12	温州	28°	01°	120°	40°	57	11	0	0
13	台山	27°	00°	120°	42°	77	15	1	0
14	福州	26°	05°	119°	17°	97	22	1	0
15	厦门	24°	27°	118°	04°	92	15	3	1
16	台北	24°	04°	121°	32°	105	35	4	3
17	高雄	22°	37°	120°	16°	127	21	3	3
18	花莲	24°	01°	121°	37°	115	27	6	4
19	台南	23°	00°	120°	45°	126	27	4	3
20	恒春	22°	00°	120°	45°	126	27	4	3
21	汕头	23°	24°	116°	41°	94	18	1	0
22	汕尾	22°	47°	115°	22°	112	21	3	2
23	香港	22°	12°	114°	01°	123	22	3	3
24	阳江	21°	51°	111°	58°	129	30	4	1
25	湛江	21°	13°	110°	24°	133	30	4	2
26	海口	20°	02°	110°	21°	149	41	3	3
27	琼海	19°	14°	110°	28°	156	41	6	6
28	崖县	18°	14°	109°	31°	125	39	9	6
29	钦州	21°	57°	108°	36°	95	20	3	6
30	西沙岛	16°	50°	112°	20°	150	46	8	5

注: R 代表扫描半径

3 台风灾害指数的分析

工农业生产部门和工程设计需要的数据除上述的 N 年遇测算外, 另一个重要的数据是台风灾害可能造成的经济损失。台风灾害学的最新发展之一, 是科学家们所关心的台风登陆问题研究。台风登陆问题研究是当前国际热带气旋研究的热点。研究内容有登陆时的能量变化、衰减机理、致灾过程和机理,

减灾预警决策等。众所周知, 台风登陆时, 台风运动环境突然变化, 由海面到陆地; 由低纬到中高纬; 遇到的下垫面可能是山地、平原, 水面或植被复杂的丘陵等; 相遇的大气环境可能有冷低压、暖高压等不同的天气系统。因而形成的灾害状况各异。

有的登陆台风以强风灾害为主; 有的台风以暴雨灾害为主; 有的台风造成风雨灾害

并发;有的台风登陆即消失,风雨较小;有的甚至带给影响地区是利大于灾。根据多种台风登陆灾害资料(如淹地、倒房、人员伤亡等)及气象要素(台风强度,即中心气压或最大风速)研究给出台风登陆影响的综合灾害指数,更具有实际应用价值。图3是采用美国75年(1900~1974)热带气旋灾害资料,包括公布的由此资料测算的 Sufir-Simpson 热带气旋灾害指数分析得到的热带气旋中心气压与台风灾害指数的关系。

图3是采用我国51年(1949~1999年)热带气旋灾害资料,包括由此资料测算的台风灾害指数及得到的热带气旋中心气压与台风灾害指数的关系。比较图2与图3可以看到:

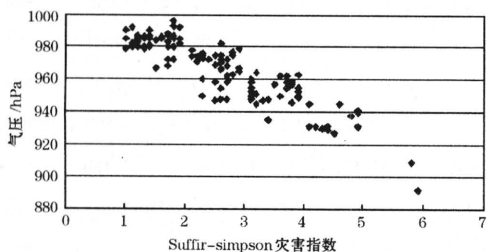


图2 热带气旋中心气压与灾害指数的关系
(指数愈大灾害愈重)

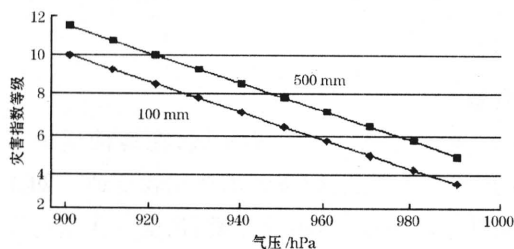


图3 台风灾害指数与气压的关系

(1)采用美国根据大西洋飓风75年资料及美国 Sufir-Simpson 热带气旋灾害指数得到的热带气旋中心气压和灾害指数的关系与根据我国51年太平洋台风资料得到的关系

比较吻合。研究已证实^[6],我们对台风灾害指数划分的12等级,与美国划分6等级是一致的,即我国的2,4,6,……级对应美国的1,2,3,……级。

(2)根据我国51年太平洋台风资料得到的结果考虑了台风降雨量对灾害指数的影响,从图3看,当热带气旋中心气压为990hPa,灾害指数起点值为4.5(相当于 Sufir-Simpson 指数2.25),由图2,热带气旋中心气压为990hPa时,其 Sufir-Simpson 灾害指数为1。但是,当中心气压继续向低端移动时,太平洋与大西洋灾害指数与中心最低气压的对应关系趋于一致(例如,当中心气压为990,图2大西洋资料给出灾害指数为6;图3太平洋资料给出的灾害指数为12(相当于图2中的6级),这表明,同样强度的热带气旋(以中心气压表示)太平洋台风造成的灾害起步值似乎比大西洋略偏高。

4 小结与讨论

研究表明,Poisson 分布对描述强破坏力台风袭击的可能性、对城市工农业发展的规划设计具有十分重要的应用价值。台风灾害指数与台风强度的研究分析为我国和西北太平洋台风登陆灾害及损失的客观评估提供了重要的参考。

美国国家飓风中心用100余年的大西洋飓风资料和70余年的飓风灾害资料,研究了经济发达的美国东海岸遭受飓风袭击的各种预评估参数。本文在调研和对比上述研究的基础上,利用我国迄今为止最长和有代表性的资料,采用 C.J. Neumann 的理论与方法分析研究西北太平洋及我国海岸线上台风登陆的灾害问题。得出的结果和数据,考虑了与国际的接轨,也是开创性工作的尝试。希望本文给出的信息对相关行业会有参考意义和实用价值。

参考文献

- 1 H. B. Wroblef. 对策论讲义. 北京:人民教育出版社, 1960:35~42.
- 2 Chris Landesea, Charlie J. Neumann. The Atlantic Hurricane Database Re-Analysis Project: Results for 1851 - 1985 24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology Fort Landerdale, FL, 2000:542-544.
- 3 王继志. 近百年西北太平洋台风活动. 北京:海洋出版社, 1991:221~227, 270~273.
- 4 王继志, 杨元琴. 现代天气工程学. 北京:气象出版社, 2000:408~431.
- 5 A. Wald. Statistic Decision Functions, Ann, Math. Stat., 20, 1949:16~19.
- 6 钱燕珍, 何彩芬, 杨元琴, 王继志. 热带气旋灾害指数的估算与应用. 气象, 2001, 27(1):14~18.

Poisson Distribution Characteristics for Century Disastrous Typhoon Events along China's Coastline

Yang Yuanqin

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

By using 114-year typhoon data in the north west Pacific adopted Poisson function, the Poisson distribution characteristics of the disastrous typhoon events for a century along China's coastline from the Bay of Bohai through the South China Sea area are discussed. It is indicated that the possibility for serious typhoon hitting could be described by Poisson distribution. It is also found that the results are very useful for program design of city development for industry and agriculture. It also points out that typhoon disaster indexes obtained with 50 year data in the north west Pacific is coincide with Saffir-simpson indexes by 70 year data in Caribbean Sea area.

Key Words: century typhoon disaster event Poisson distribution