

钱燕珍 何彩芬

杨元琴 王继志

(浙江省宁波市气象台, 315012)

(中央气象台)

提 要

根据 1949~1999 年共 50 年资料,对影响我国的热带气旋所造成的灾情特点作了评估研究。采用数理统计方法,进行定量的计算,按登陆和外围影响两类主要方式建立灾情指数序列,并在此基础上,客观地划分了灾情等级,用来表示受灾的程度。还采用独立于本资料来源的 Suffir-Simpson 热带气旋灾害指数评估方法和资料进行对比验证。最后提出了一套台风灾害预评估的技术方法。

关键词: 热带气旋 灾情评估 灾害指数

引 言

西北太平洋是全球热带风暴活动最为频繁而强烈的区域,我国是西北太平洋沿岸受台风影响最严重的国家之一。全球每年发生热带风暴 80~100 个,它们对人类生活产生巨大影响。热带气旋造成的损失最为严重,占全部自然灾害造成死亡人数的 64%。据统计,平均每年约 1.5 到 2 万人死于热带气旋灾难之中,每年给全球造成经济损失达 60~70 亿美元。

热带气旋的强风、风暴潮、涌浪和暴雨是造成灾害的主要原因。研究表明,热带风暴造成的损失随风速平方成正比增加。强风引起的风暴潮,可使沿岸增水高达 10m 以上。1970 年 11 月 13 日孟加拉气旋的强风暴潮造成 30 万人丧生。强台风可造成暴雨,我国历史上几次最大的暴雨都是由台风引起的。例如 1975 年 8 月河南特大暴雨即与 7503 号台风有关。24 小时最大降水量达 1060mm,三天总雨量为 1631mm。我国有记录以来 24 小时降水量极值为 1672mm,出现在台湾新寮,也与 1967 年 10 月 17 日台风的影响有关(1967 年 6718 号台风)。世界 24 小时降水极值为 1880mm,发生在位于印度洋的留尼汪岛(1952 年 3 月 16 日),也是由一次热带气旋引起的。美国历史上最大洪水是 1972 年 Agnes 飓风造成的,使美国东北部损失达 21 亿美元。

因此,灾害的研究已引起广泛重视。然而迄今为止,台风灾害的预评估,即把台风天气(如风、气压和降水等)的预报转为台风灾害的预评估的研究仍是困难的。本文的工作是一个新的尝试。

1 资料

本文分析了热带气旋中心进入 125°E 以西,20°N 以北的范围以内,影响我国东部沿海的热带气旋,共收集 176 个。其中造成灾害的热带气旋有 67 个,占影响热带气旋总数的 38.1%。这 67 个热带气旋被选为研究对象。灾害损失的资料主要来自有关省防汛指挥部的报告和防汛简报。还有中央气象台及浙江省气象台提供的热带气旋灾害的调查材料。虽经努力,仍有个别热带气旋的资料没有收集全,本文就针对中心气压与降水资料和灾情资料较为完整的 62 个热带气旋进行研究。

为了研究登陆点和台风外围影响两类主要路径的灾害特点,我们把登陆点选在长江口附近,该点附近历史上台风登陆和影响复杂。我们把热带气旋按七条路径进行分类排序。登陆长江口以南至厦门的热带气旋,共 24 个,占 39.3%;在福建沿海厦门以北登陆,以后转向东北,出海消亡的热带气旋,共 11 个,占 18.0%;在福建沿海厦门以北登陆,西行或北上,在内陆消亡的热带气旋,共 12 个,占 19.7%;在厦门到珠江口之间登陆,以后转向东北,出海消亡的热带气旋,共 2 个,占

3.2%；在沪浙边界以北登陆的热带气旋，共2个，占3.2%；进入125°E以西，25°N以北，紧靠浙江省沿海转向的热带气旋，共8个，占13.1%；在闽南到粤中登陆，以后或西行或北上，在内陆消亡，共2个，占3.2%。

2 灾情特征及灾情指数

2.1 灾情与致灾因子之间的关系

一次热带气旋影响造成的直接损失，表现为人员伤亡、房屋倒损、农田受淹、庄稼倒伏、电线杆倒断、树木断折等。在这些众多灾情中，经分析和比较，确认人员伤亡，农田受淹及所对应的直接经济损失作为热带气旋造成的灾情的指标。由于这三项指标基本上代表了热带气旋灾害对社会经济和人民生命财产造成的主要影响，其数值大小也就代表了总的灾害损失程度^[4,5]。

热带气旋的主要致灾因子是风、雨、以及台风强度、路径、出现的季节和潮水的大小等（这里忽略了是否预报准确和有没有采取正确的防台抗台措施对热带气旋灾情造成的影响）。由于潮水的资料难以收集，因此本文选取了与潮水、强度等密切相关的热带气旋影响登陆点（浙江）的最低中心气压，在登陆点浙江出现的地面最大风速、最大过程雨量等三个主要因子，分别计算上述气象致灾因子与人员伤亡、农田受淹、房屋倒损，直接经济损失之间的相关系数。

农田受淹与最大风速有较高的正相关，房屋倒损和热带气旋中心气压呈较大的反相关，死亡人数也与热带气旋中心气压有较大的反相关。

2.2 灾情指数

为了进行热带气旋灾害损失的定量估算，减少灾情指标的随机波动和资料本身的误差，本文引用冯利华提出的灾级概念^[3]，对资料完整的热带气旋，计算了它的灾情指数。具体方法如下：

首先将人员伤亡、农田受淹、房屋倒损三个指标换算成规范化指数，即当伤亡人数（ d ）大于等于100人，农田受淹数（ h ）大于等于6667hm²，房屋倒损数（ e ）大于等于10000间时，利用对数函数换算成规范化指数，其数

$$Id = \text{Log}d - 1 \quad Ih = \text{Log}h - 2$$

$$Ie = \text{Log}e - 2$$

当 $d < 100$ 人， $h < 6667\text{hm}^2$ ， $e < 10000$ 间时，则利用线性函数关系换算成规范化指数

$$Id = d/100 \quad Ih = h/100000 \quad Ie = e/10000$$

然后计算灾情指数 G ，即

$$G = Id + Ih + Ie$$

在67个热带气旋中，具有上述三项指标的只有61个，本文根据这61个热带气旋的气象致灾因子及所造成的灾情观测事实进行灾情指数的分析计算，结果表明灾情指数较好地代表了灾情的大小，如5612号台风，浙江全省死亡4000多人，灾情特别严重，灾情指数也就最大，达11.0。

3 灾情的分路径实测性评估

所谓实测性评估，就是根据实际收集到的灾情资料作事后评估，自然灾害损失评估的准则，要依据科学性、可比性和使用性的原则。首先建立61个热带气旋的灾情指数序列，再按灾情指数大小划分灾情等级，即后评估。

3.1 登陆点附近热带气旋灾情指数序列的建立

由上节可知，灾情指数综合地反映了灾情，灾情指数的大小也就代表了灾情的轻重。为此，采用逐步回归方法将灾情指数与致灾因子之间建立回归方程。灾情指数与台风的路径很有关系，在计算回归方程时，先计算登陆我国某地（登陆点）的一类热带气旋（本文选取登陆浙江），共有24个，建立方程如下：

$$G = 74.5642 - 0.0704617X_1 + 0.00367735X_2 \quad (1)$$

其中 G 是灾情指数， X_1 是中心气压， X_2 是降水量。由于台风影响时风力基本上都是11级或12级，相差不是很大，因此在逐步回归中对 G 的贡献不是很大而被剔除，而中心气压和降水量对灾情指数的偏相关系数分别为-0.676872和0.377590，对 G 的作用较为显著。用这个方程来检验影响的热带气旋效果较好，特别是在浙江登陆的台风，如5612号台风，计算结果分别是10.9和9.08，与事后

3.2 影响本地的热带气旋灾情指数序列的建立

所谓影响本地的热带气旋指虽然未在本地登陆,但热带气旋的风雨影响到本地。本文对于福建、广东、上海、江苏等地登陆的其它路径共 37 个热带气旋样本,仍用逐步回归方法建立灾情指数与致灾因子之间的回归方程如下:

$$G = 3.2185 + 0.007914X_2 \quad (2)$$

其中 X_2 代表的是降水量。降水量对灾情指数的偏相关系数为 0.617425,比较方程(1)和(2),登陆的热带气旋,中心气压越低也即热带强度越强,中心风速愈大,相应出现的最大过程雨量较多,灾情也就越严重。影响本地的热带气旋是指未登陆浙江,但主要是外围的暴雨和风产生影响,风的影响及中心气压对灾情影响因不登陆,其数据不具代表性,被剔除,故热带气旋外围雨量决定了受影响地区(浙江省)的灾情,其计算结果也不错。

3.3 灾情等级的划分

灾情指数具体地反映了灾情的大小。根据灾情指数的大小,用有序样本平均聚类方法,把这 61 个热带气旋的灾情划分为 5 个等级,它们是:当灾情指数 ≥ 10.00 , 定为重灾,当灾情指数在 $8.00 \sim 9.99$ 之间时,定为大灾,当灾情指数在 $6.60 \sim 7.99$ 之间时,定为中灾,当灾情指数在 $4.60 \sim 6.59$ 之间时,定为小灾,当灾情指数 ≤ 4.59 时,定为轻灾,这种分类方法与美国用 75 年资料的分类方法得到的结果较为一致。

在福建厦门以北至浙江沿海登陆的热带气旋灾情大,普遍等级高,灾情严重,其它路径的灾情相对小一些。在 61 个热带气旋中,造成 5 级灾情的只有 2 个占 3.2%,灾情为 4 级的有 11 个占 18.0%,灾情为 3 级的有 20 个占 32.8%,灾情为 2 级的有 15 个占 24.6%,灾情为 1 级的有 13 个占 21.3%。可见近 50 年来,有近一半的热带气旋对浙江造成了相当严重的灾害。

4 台风灾害预评估的方法和试验

4.1 评估方法

图 1 和图 2 是使用 1949~1999 年 50 年的资料所作的分析。图 1 是热带气旋灾害的

伤亡人数与灾害指数的分析。由图 1 可见,热

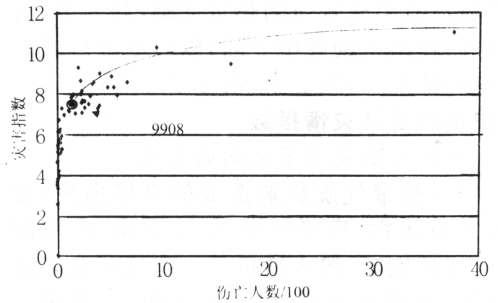


图 1 热带气旋灾害的伤亡人数与灾害指数的分析

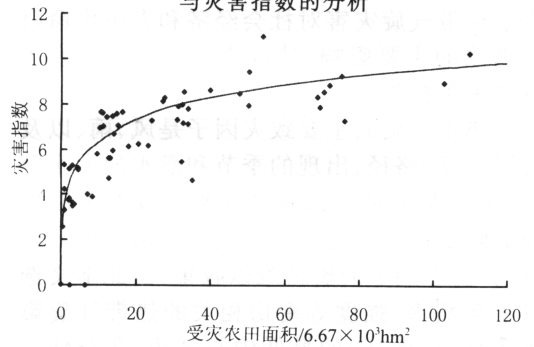


图 2 热带气旋灾害的受淹农田面积灾害指数的分析

带气旋灾害与其伤亡人数呈指数关系递增。伤亡人数不足 100 的,指数一般为 3~5 级;伤亡人数达 500 的,指数一般为 8~9 级;伤亡人数达 1000 以上的,指数可达到 9~12 级。灾害指数的这一评估模式是合理的。是对热带气旋灾害造成人员伤亡数据判别的一个客观的数字化量度。

图 2 是热带气旋灾害的受淹农田面积灾害指数的分析。由图 2 可见,热带气旋灾害与其造成的受淹农田面积也呈指数关系递增。但该指数关系比伤亡人数的指数关系平缓。受淹农田面积不足 6667hm^2 的,指数一般为 3~5 级;受淹农田面积达 $6667 \sim 26667\text{hm}^2$ 的,指数一般为 6~8 级;受淹农田面积达 26667hm^2 以上的,指数可达到 9~12 级。以受淹农田面积为依据的灾害指数的这一评估模式是合理的。适用于我国沿海城乡广大地

区。尤其在用人员伤亡数据判别遇到困难时(在高水平预警能力条件下,人员伤亡数趋于零)热带气旋灾害指数的数字化量度会出现很大误差。图1和图2给出的两种方法参照并用,可给出较好的结果。

我们还对热带气旋灾害造成的倒塌房屋灾害指数进行了分析(图略)发现热带气旋灾害与其造成的倒塌房屋灾害关系不是唯一的。当倒塌房屋在40万间以内,灾害指数一般在6~9级附近摆动。倒塌房屋在40万间以上,灾害指数不稳定振荡,平均在6级左右。因此,以倒塌房屋为依据的灾害指数的评估模式有一定的不合理性。其原因之一可能是在我国沿海城乡各地,房屋的质量相差悬殊,倒塌房屋的灾害指数评估不具备唯一性。

4.2 评估试报

为了测试上述图1和图2的方法,这里取了一份独立于上述50年资料的灾情报告。该报告称:

9903号台风6月6日22时(北京时,下同)在广东惠来登陆,下了暴雨,风力12级,死4人,经济损失17.4亿元。9908号台风于8月22日17:30在深圳登陆,14人死亡,直接经济损失7.5亿,香港国际机场发生民航客机翻滚事件^[6]。9909号台风9月4日凌晨4时登陆于广东惠来,温州出现特大暴雨,有155人死于台风带来的洪水,直接经济损失55亿元。另一热带气旋和台风9914号分别登陆广东珠海和福建龙海,死57人,经济损失89亿。上述报告仅给出了人员伤亡数字,以此数据为依据,可从图1中的曲线得到:

台风 9903	灾害指数 3~5级
台风 9908	灾害指数 7~8级
台风 9909	灾害指数 7~8级
台风 9914	灾害指数 5级

图1中的曲线上实点即为台风9908,其灾害指数可读为7.8,这与根据50年资料计算的结果是一致的。台风9909灾害指数为8级,与根据50年资料计算的结果也是一致的(见图3)。

本文设计的方法使用1949年以来50年

的资料,建立方程时分别针对登陆本地和非登陆但影响本地区的两类情况。因此,本方法可推论到任意地区对热带气旋灾害进行灾害指数分析。例如,1975年8月河南特大暴雨是当年第3号台风低压进入河南形成的。这是1949年以来最大的台风灾害之一。24小时降水达1060mm。按本文第3节公式(2),当地视为低压外围

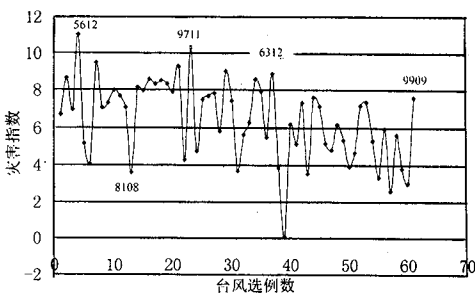


图3 1949~1999年61个登陆或影响灾害严重的热带气旋的灾害指数

$$G = 3.2185 + 0.007914 \times 1060 = 12.60734$$

按本文第3节公式(1)当地视为低压中心

$$G = 74.5642 - 0.0704617 \times 970 + 0.00367735 \times 1060 = 10.818959$$

两公式计算结果分别为12级和11级。这个结果对河南“75.8”暴雨灾害指数分析都是可接受的。它表明台风低压外围降水的成灾率也是较高的。本方法用于其他地区例子的计算结果也是合理的。

表1给出近10年灾害严重的台风信息。由表1可见,台风9417和9711的中心风力 $40\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,反演气压为950hPa,降水量500mm,根据图4可估算得到灾害指数为8级。台风9615中心风力 $60\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,反演气压为920hPa,根据图4可估算得到灾害指数为10级。由此可得到一套用图解法做台风灾害指数的预评估的步骤:

第一步:用图4,根据气压或降水估算出灾害指数;

第二步:用图1和2,根据灾害指数给出人员或财产损失的估算。

表 1 最近 10 年灾害严重的台风信息

台风编号	国际名称	登陆时间	登陆地点	中心风力	大潮	倒房(万间)	淹地(万亩)	死亡人数	经济损失
9417	Fred	8月21日	浙江瑞安	40m/s	有	20	700	2000	170(亿)
9608	Herb	7月21日	台湾,福建		有		1600	170	160(亿)
9615	Sally	9月9日	吴川 湛江	60m/s		34	1170(沉船)	29	218(亿)
9711	Winnie	8月18日	浙江 温岭	40m/s	有	499mm(雨)	10000	240	400(亿)

热带气旋中心气压和降水估算灾害指数 (1)

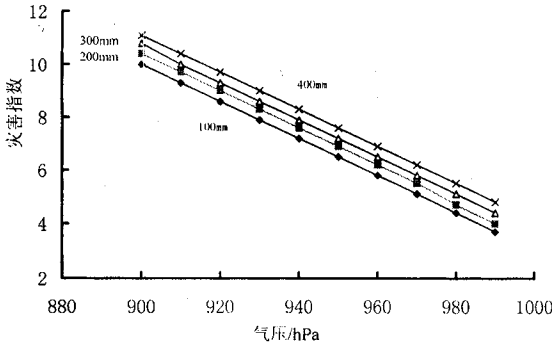


图 4a 热带气旋中心气压和降水量估算灾害指数(降水量 100~400mm)

热带气旋中心气压和降水估算灾害指数 (2)

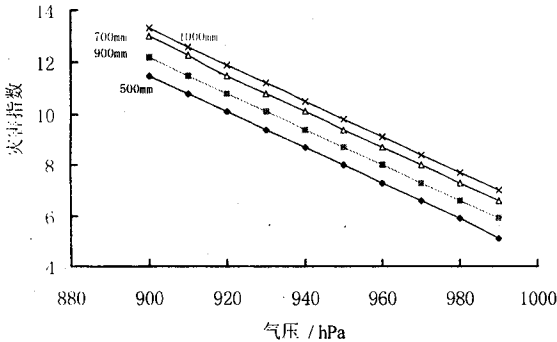


图 4b 热带气旋中心气压和降水量估算灾害指数(降水量 500~1000mm)

4.3 与 Saffir-Simpson 热带气旋灾害指数标准的对比分析

由图 3 我们还可以看到,位居灾害榜首的是 5612 号台风。据台风历史档案记载^[1],台风 5612(Wanda)于 1956 年 8 月 1 日夜间在浙江象山登陆,中心最低气压达 923hPa,生命史最低气压达 902hPa,登陆后给浙、皖、豫、闽、赣、鄂、鲁、冀等省带来巨大风雨灾害,是近 100 年灾害和影响最大的台风。按

Saffir-Simpson 的热带气旋的灾害指数标准定为 6 级^[7],恰好相当于本文定义的 12 级。与图 3 中给出的台风 5612 的灾害指数一致。以位居灾害榜低点的 8108 号台风为例,据台风历史档案记载^[1],该台风生命最低气压 970hPa,最大风速 $50\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,按 Saffir-Simpson 的热带气旋的灾害指数标准定为 2 级,相当于本文定义的 3.5 级。按图 3 读数为 3.55。从图 3 的高值和低值的分析,本文以 50 年热带气旋实际灾情资料(包括与中心气压和最大风资料的参照对比)为依据的灾害指数和美国 Saffir-Simpson 的直接以热带气旋气压与风为依据的灾害指数标准(采用 75 年资料)对比,两者相当一致。

两套独立资料的对比分析的一致性表明:本文给出的方法由于考虑了实际灾情,隐含了人文地理因素对台风天气系统致灾的综合结果,具有可靠性和可行性。如上所述,气象致灾要素已在建立灾害指数前考虑了,因而更具针对性。

参考文献

- 1 王继志, Neumann. 近百年西北太平洋台风活动. 北京: 海洋出版社, 1991.
- 2 王继志, 杨元琴. 现代天气工程学. 北京: 气象出版社, 2000.
- 3 冯利华. 灾害损失的定量计算. 灾害学. 杭州: 浙江人民出版社, 1993: 17~19.
- 4 赵阿兴等. 自然灾害损失体系的研究. 自然灾害学报, 1993, 2(2): 1~7.
- 5 卢文芳. 上海地区热带气旋灾情的实测性评估. 大气科学研究与应用, 1995, (5): 119~123.
- 6 Yang Yuanqin, Zhang Guangzhi, Wang Jizhi. An Observed Study on Sudden Intensifying of Typhoon 9909(Sam), 24th International Conference On Hurricane and Tropical Meteorology, Miami USA, 2000.
- 7 R. H Simpson, H Riehl. The Hurricane and its Impact. Louisiana State University, Press Baton Rouge and London, 1981.

(下转第 24 页)

An Assessment of Damage Index for Tropical Cyclones

Qian Yanzhen He Caifen

(Ningbo Meteorological Office, 315012)

Yan Yuanqin Wang Jizhi

(National Center Meteorological Office)

Abstract

The disaster characteristics for East China caused by tropical cyclones in 1949—1999 were analyzed. By using numerical statistical analysis and quantitative calculation, the disaster index was built along separate routes. And on this base, objective damage assessment for TC was also given. A contrast testing with Suffir-Simpson index of TC was made using an independent data set. Finally, an assessment method for tropical cyclone disasters was given.

Key Words: tropical cyclone disaster assessment disaster index