

热带气旋灾害预报服务效益评估方法之一 ——对比分析法

林继生 罗金玲 张勇

(广州区域气象中心应用气候研究所, 广州 510080)

摘要 文章运用对比分析法对 1969—1995 年广东省热带气旋灾害预报服务效益进行了评估。

关键词 热带气旋灾害预报 效益评估 对比分析法

1 前言

热带气旋是我省最大的自然灾害之一,严重影响我省的工农业生产和整个国民经济建设,影响人民生命财产的安全,每年给我省造成的直接经济损失数以十亿计。

气象预报是气象部门为国民经济服务的主要手段。近一二十年来,随着天气预报技术的提高,特别是现代化的大气探测工具(如气象雷达、气象卫星)的广泛应用,天气预报准确率有了较大幅度的提高。现在,气象预报服务已经成为政府机关和防灾减灾部门决策的主要依据之一,并日渐渗透于人民生活,其产生的效益是非常可观的。据世界气象组织公报称,气象预报每年为全球创造的经济效益约达 200—400 亿美元,相当于投入资金的 5—10 倍,有的国家或行业投入产出比达到 1:100。

广东省的灾害性天气频繁,经济建设发展较快,天气预报的经济效益更为明显的。例如,1922 年 8 月 2 日在汕头登陆的台风,总计死亡人数达 3.45 万人,而同样在汕头登陆的类似强台风有 6903 号和 9107 号台风,这两个台风造成的死亡人数分别为 1554 人和 122 人;前后时间相隔几十年,而死亡人数呈数十倍乃至百倍地减少。这说明我省抗击台

风的能力得到了逐步提高,气象预报服务工作无疑在其中起了很大作用。

我省从 1969 年开始有比较完整的台风灾情资料。通过对 1969—1995 年的台风死亡人数统计(见表 1),从表中可以看出,平均每个台风造成的死亡人数是随着年代的延续而减少的,其中 70 年代最多达 328 人,到 80 年代减少为 43 人,减少近九成;90 年代又进一步减少至 23 人,减幅近半。

表 1 登陆广东热带气旋造成死亡人数统计表(1969—1995)

时 间(年)	登 陆 台风个数	合 计 死亡人数	平均每个台风 死亡人数
1969	1	1554	1554
1970—1979	12	3937	328
1980—1989	18	775	43
1990—1995	21	486	23

2 原理和方法

表 1 中虽然表明平均每个热带气旋死亡人数随时间而减少,但这尚不能完全得出广东的抗灾能力已得到很大提高的结论。举例来说,如果 70 年代的热带气旋强度很大而 80 年代很弱,则即使天气预报水平和防灾抗灾能力基本不变,仍可出现 70 年代的死亡人数远高于 80 年代这一结果。

一个考虑全面的热带气旋灾害损失模式

可表示为:

$$L = f(S, D, F) \quad (1)$$

且 $L, S, D, F \geq 0$, $\frac{\partial f}{\partial S} > 0$, $\frac{\partial f}{\partial D} > 0$, $\frac{\partial f}{\partial F} < 0$, 式中 L 为灾害损失值, S 为灾害强度, D 为承灾体密度, F 为抗灾能力。

所谓抗灾效益就是指有适当的天气预报, 并且采取了相应的防护措施而避免的损失。设某次热带气旋造成的实际损失值为 L_1 , 没有天气预报和采取防灾抗灾措施时, 该次热带气旋应有的损失值为 L_2 , 则抗灾总效益(E):

$$E = L_2 - L_1 \quad (2)$$

在热带气旋灾情资料完整的条件下, 要选取防灾减灾能力尽可能低、时间尽可能早的年份作为基准年, 建立基准年的灾害评估模式:

$$L_2 = f_{\text{基准}}(S, D, F) |_{F \rightarrow 0} \quad (3)$$

则对应于任一热带气旋计算出灾害强度(S)和承灾体密度(D)后, 便可用该模式计算在基准年的抗灾能力下可能有灾害损失值 L_2 , 从而可求出抗灾效益值。

2.1 灾害损失值(L)

灾害损失值可以是死亡人数、倒房数量或直接经济损失等, 以直接经济损失较具有综合代表性, 本方法之 L 即取为直接经济损失。直接经济损失统计是以当年价格为准(单位: 亿元), 因而包含了价格的可变因素, 将其转变成不变价格:

$$L = PI \cdot L' \quad (4)$$

式中: PI 为广东省各年物价指数(以 1980 年为 100), L' 为以 1980 年为不变价计算的经济损失值。

2.2 热带气旋强度(S)

热带气旋的强度主要是指受热带气旋的影响而带来的降水和大风的强度、总量和范围, 它们直接导致全省各地的水灾和风灾。因此, 热带气旋的强度指数应由降水强度指数(RI)和大风强度指数(VI)两部分组成:

$$S = S(RI, VI) \quad (5)$$

2.2.1 降水指数

降水强度的大小主要以日雨量作为衡量标准, 但随着雨量的增加, 其对国民经济的影响并非呈线性关系, 所以在出现暴雨或大暴雨以上时, 应考虑其额外影响。

$$RI_1 = \sum R_i [1 + (N_1 + N_2)/N]$$

其中 $\sum R_i$ 为过程雨量大于 30mm 的站点雨量, N_1 为暴雨(日雨量 ≥ 50 mm)日数, N_2 为大暴雨(日雨量 ≥ 100 mm)日数, N 为全省总站点数。

然而, 当降水只集中于局部且强度较大时, 上式尚不能客观地估价降水的影响, 比如, 一个地方出现 400mm 降水量和两个地方出现 200mm 降水量时, 前者 $RI_1 <$ 后者 RI_1 , 而事实上前者造成的损失可能远大于后者。所以降水指数还需考虑局地特大暴雨的影响:

$$RI = \alpha_1 \cdot RI_1 + \alpha_2 \cdot RI_2 \quad (6)$$

其中 $RI_2 = 1.5 \sum R_{>200} + \sum_{k=1}^{\infty} \sum R_{>200+100k}$ (上川和南澳两个海岛点不列入计算), α_1, α_2 为权重系数。实际计算时 α_1 取为 $1/3000$ (3000 约为雨量 $\sum R_i$ 的常年平均值), α_2 取 $1/300$ 。

2.2.2 大风指数

类似地, 大风指数取下述形式:

$$VI_1 = \sum V_i [1 + (N_1 + N_2)/N]^2$$

其中 $\sum V_i$ 为台风带来的各站最大风速和, N_1 为极大风速在 8 级 (17.2m/s) 以上的日数, N_2 为极大风速在 10 级 (24.5m/s) 以上的日数。

$$VI = \beta_1 \cdot VI_1 + \beta_2 \cdot VI_2 \quad (7)$$

其中 $VI_2 = 1.5 \sum V_{>25} + \sum_{k=1}^{\infty} \sum V_{>25+5k}$ (上川和南澳两个海岛点不列入计算), β_1, β_2 为权重系数。实际计算时 β_1 取为 $1/200$ (200 约为面最大风速 $\sum V_i$ 的常年平均值), β_2 取 $1/30$ 。

2.2.3 热带气旋强度指数(S)

$$S = S(RI, VI) = RI + VI + RI \cdot VI/2 \quad (8)$$

2.3 承灾体密度(D)

承灾体密度表征社会经济发展水平, 经

济发达则承灾体密度增大,可用广东省各年社会总产值指数(以 1980 年为 100)表示承灾体密度。

2.4 气象服务效益

气象服务效益(E_M)只是防灾减灾总效益(E)中的一部分:

$$E_M = \gamma \cdot E = \gamma \cdot (L_2 - L_1) \quad (9)$$

式中 L_1, L_2 已经过(4)式之物价修正, γ 为气象服务贡献率,一般取 20—30%。

由(1)式, L_2 之计算值取较为简明的线性形式:

$$L = f(S, D, F) = D \cdot (c \cdot S/F + L_0) = D \cdot (S \cdot k + L_0) \quad (10)$$

其中 c, L_0 为线性常数, $k = c/F$; 再令 $L'_2 = L_2/D$, 则

$$L'_2 = S \cdot k + L_0$$

L_0 为热带气旋强度为 0 时的灾害损失值。历史上 9506 号热带风暴, $S = 0.68, L'_2 = 0.$

037, 故 $L_0 < 0.037$ 。为计算简便,取 $L_0 = 0$ 。

如此则 $L'_2 = S \cdot k$, 或者 $k = L'_2/S$, k 为单位强度指数的灾害损失值,它是社会综合抗灾能力的倒数, k 小则损失小,说明抗台风能力强,抗台风效果好; k 大则损失大,抗台风能力弱,抗台风效果差。

计算基准年之 k 值,以此作为标准可计算出每个热带气旋折算到基准年的应有损失值 L'_2 。

3 结果与分析

3.1 死亡人数

表 2 单位热带气旋指数造成的死亡人数(k)随时间的变化

时间	1969	1970—1979	1980—1989	1990—1995
k 值	15.9 人	13.4 人	3.1 人	1.2 人

表 3 60 年代以来广东省采取防灾减灾措施而减少的死亡人数

时 间(年)	1969	1970—1979	1980—1989	1990—1995	合 计
实际死亡人数	1554	3937	775	486	6752
按 1969 年抗灾水平可能死亡人数	/	7072	3102	5587	15761
减少死亡人数	/	3135	2327	5101	10563
按 70 年代抗灾水平可能死亡人数	/	/	2616	4712	7328
减少死亡人数	/	/	1841	4226	6067
按 80 年抗灾水平可能死亡人数	/	/	/	1089	1089
减少死亡人数	/	/	/	603	603

从表 2 中可见,单位台风指数造成的死亡人数(k):1969 年为 15.9 人,70 年代为 13.4 人,80 年代为 3.1 人,1990—1995 年为 1.2 人。

如果以 6903 号台风作为标准,则广东省的抗台工作使 70 年代至 90 年代减少死亡人数为 10563 人,平均每年减少 406 人;如果以 70 年代的防灾减灾工作作为对比标准,则 80 年代至 90 年代减少死亡 6067 人,平均每年减少 379 人(见表 3)。如果考虑人口密度随时间而增加,则每年减少的人数应比上述数字大。

按上述数据估算,如果以广州中心气象台现在的预报服务水平和现在的抗灾水平,加上各级政府部门和人民群众高度重视和积极行动($k = 1.2$),6903 号强风的死亡人数应约为 117 人,比当时实际死亡人数减少 1437 人,即减少了九成多。

3.2 经济效益

广东省逐年物价指数、承受体密度(即社会总产值指数)以及单位热带气旋指数造成的直接经济损失(k)随时间的变化分别见表 4 和表 5。

表 4 广东省逐年物价指数和社会总产值指数(以 1980 年为 100)

年 份	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	
物价指数	99.9	100.0	109.2	111.8	112.5	113.8	129.3	135.5	
社会总产值指数	87.8	100.0	112.2	123.7	134.3	156.5	192.6	215.9	
年 份	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1985
物价指数	151.4	197.1	238.5	228.0	228.0	241.2	269.7	284	298
社会总产值指数	269.1	338.8	379.2	432.1	528.4	690.8	820.2	870	920

表 5 单位热带气旋指数造成的直接经济损失(k)随时间的变化(按 1980 年可比价计算)

年 份	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
k 值(亿元)	0.1195	0.1311	0.2711	0.0652	0.0985	0.0205	0.0751	0.0496	0.0599	0.0598	0.0564

从表 5 可见,单位指数造成的的经济损失(k)总的趋势是逐渐变小;这说明广东省的抗灾能力逐步提高,同样强度的热带气旋造成的经济损失随时间而减少。具体看来,1985—1987 年的 k 值较大,甚至大于基准年,这可能是 1979—1981 年连续三年的几个强热带气旋(如 7908、7913、8006、8007、8106 和 8116 等)使广东的防洪工程备受摧残。1983 年中央拨款全线加高、加厚主要防洪工程——北江大堤,并重建芦苞水闸。北江大堤 1987 年竣工,防洪标准从原来 20 年一遇提高到百年一遇。竣工后使广东省的抗灾能力有了明显的提高;大堤建设期间的 1985—1987 年的抗灾能力反而不如 1979—1980 年。近年的 k 值较为稳定,基本上处于

0.05—0.075 之间。

对于评估基准年的确定,应尽量选取抗灾能力较弱、没有什么天气预报和监测的年份,因此要尽可能早;但是直接经济损失直至 1985 年以后才正式列入灾害统计项目。如果 1985 年作为基准年,则由于年代太短而其后的抗灾效益失之科学性。经过细心挑选,发现 1979—1980 年的 7913 号强热带风暴(在珠海登陆)和 8007 号台风(在徐闻登陆)均有直接经济损失统计,分别为 1.90 亿元和 2.60 亿元(当年价)。以此两年的抗灾能力平均值作为基准,算得 $k=0.09795$ 亿元/单位指数。由(2)式和(10)式计算的逐年经济效益如表 6:

表 6 1985—1995 年广东省抗台经济效益/亿元

年 份	登陆热带 气旋个数	灾害损失值		抗灾效益值		气象服务效益值 (当年值)
		按 1980 年可比价	当年值	按 1980 年可比价	当年值	
1985	3	4.82	12.00	-0.81	-2.03	-0.41—0.61
1986	3	9.75	28.52	0.60	1.75	0.35—0.53
1987	1	0.61	2.49	-0.39	-1.59	-0.32—0.48
1988	2	1.74	11.62	0.81	5.40	1.08—1.62
1989	2	2.48	22.43	0.21	1.89	0.38—0.57
1990	2	0.76	7.49	3.58	35.30	7.06—10.59
1991	5	3.80	45.78	4.63	55.83	11.17—16.75
1992	2	0.51	8.50	0.40	6.70	1.34—2.01
1993	5	5.04	111.49	4.76	105.25	21.05—31.58
1994	3	3.16	75.84	1.35	32.30	6.46—9.69
1995	6	3.54	91.99	2.88	74.98	15.00—22.49
合计	34	36.21	418.15	18.02	315.78	63.14—94.71
平均	3.1	3.29	38.01	1.64	28.71	5.74—8.61

从表 6 可以看出,在 1985—1995 年的 11 年间,全省的防台抗台工作总效益约为 316 亿元(当年价,下同),即平均每年可使我省国民经济减少损失 28.7 亿元,减灾率为 43%。

广东省防台抗台系统主要是由当地防汛防旱防风指挥部、人民政府、气象部门和水文部门等组成。气象部门的预报服务效益约占防灾减灾总效益的 20%—30%,则由(9)式可算得,在 1985—1995 年期间,气象预报服务使我省减少损失 63.14—94.71 亿元,即平均每年 5.74—8.61 亿元,约占灾害损失值的 15.1%—22.6%。

4 小结

(1)本方法之效益评估值通过与基准年的对比分析计算而得,故可将其命名为“对比分析法”。

(2)对比分析并不涉及具体每个热带气旋的预报准确率高低和当时的防灾抗灾措施得当与否,而是直面热带气旋的灾害损失值。对应于一定的热带气旋强度和承灾体密度,

按照基准年应有的损失与实际损失之差即为抗灾效益值。抗灾效益值为正,说明该热带气旋的抗灾效果比基准年好;反之则比基准年差。

(3)对比分析法的关键在于评估基准年的挑选和确定。采用不同的基准年,其抗灾效果也不同。基准年要尽量选取防灾抗灾能力尽可能低,基本上没有什么天气预报和监测,同时灾情资料较为完整的年份。

(4)采用 1969 年作为基准年,广东省 1970—1995 年的抗台工作使死亡人数减少 10563 人,平均每年 422 人。

(5)采用 1979—1980 年作为基准年,1985—1995 年广东省的抗台总效益为 316 亿元,平均每年 28.7 亿元;其中气象服务效益为 63—95 亿元,平均每年 5.7—8.6 亿元。这说明 80 年代中期以来广东省的防灾减灾工作极为出色,并且富有成效,而其中气象部门也为社会作出了重要的贡献。

(6)由于基准年已有一定的天气预报和抗灾措施,所以实际减灾效益肯定要比上述数据大。