

我国台风业务预报的评价

费亮 吴天泉 徐静远

(上海台风研究所)

提 要

本文根据1985—1987年三年资料,评价我国当前台风业务预报现状,并介绍了各种台风移向移速预报方法误差的情况,并按处罚分排列它们的名次,使预报员能了解几种主要客观方法的性能,有利于业务预报的改进。

一、引 言

我国自1976年起先后有十种客观方法被国家气象局批准投入业务预报应用,为预报员提供指导。到目前为止,这些客观方法已经使用了十余年,其预报水平如何?与预报员的主观预报相比,其精确度又是怎样?在预报关键时刻,这些客观方法为预报员的决策作出了多少贡献?为回答上述问题,有必要对我国各种客观预报模式的性能及中央台等有关气象台的综合预报水平进行评价。这样将有利于进一步改善客观预报模式,为建立客观预报的集成方法提供基础,同时使预报员能够有分析地、有条件地使用和考虑各种客观方法的预报结果,以提高我国台风路径预报水平。

上海台风所受国家气象局专业司的委托,自1985年起对我国各种客观预报和综合预报的精确度和技巧水平进行评价^{[1][2][3]}。本文在1985—1987年的评价基础上,对我国这三年来的台风业务预报作一个比较客观的综合性的评价。

二、资 料

1985—1987年三年中我国发布路径预报的综合方法有中央台、江苏台、上海台、浙江台、福建台、广州台和广西台等七个气象台,客观方法有中央气象台的相似法和气科院的两层引导法、辽宁省气科所的LN-1数值预报、江苏省气象台的逐步回归法、上海台风所的统计动力法和套网格数值预报、上海中心气象台的复合统计法、浙江气科所的统计预报、福建省气象台的逐步回归法、广州热带所的相似加权法等十种方法。本文按四种形式对上述方法进行评定:(1)各种方法的绝对平均距离误差;(2)指定四个台风关键时刻同时

次的平均距离误差；(3)技巧水平；(4)按误差的级差分布计算处罚分，排列各种方法在台风移向移速预报能力的名次。

为了与国际上的台风预报精度进行比较，本文还计算了美国的关岛台风联合警报中心、日本、菲律宾等国的预报精确度，香港天文台的预报误差也进行了分析。

由于在发布预报时，还不可能得到最佳路径资料，因而只能使用实际警报位置。所以在计算各种预报方法的预报误差时，使用了中央台的实时业务定位资料。日本、关岛、菲律宾、香港的误差，则分别用他们的警报位置计算。这样处理具有一定的误差，但是对于各种方法而言，这种误差是相同的。

三、平均距离误差

根据预报位置和实时警报位置按下列公式计算距离误差：

$$\Delta R = 6731 \times \arccos(\sin\varphi_f \sin\varphi_r + \cos\varphi_f \cos\varphi_r \cos(\lambda_f - \lambda_r))$$

其中6731为地球半径，单位是公里。 φ_f 、 λ_f 是预报位置的纬度和经度， φ_r 、 λ_r 是实时位置的纬度、经度。

表1 1985—1987年我国和国外台风业务预报的平均距离误差 (单位:公里)

方法	1985年		1986年		1987年		总 平 均	
	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时
中央台	239.0(124)	499.8(87)	231.5(152)	438.4(106)	174.8(161)	375.8(135)	212.7(437)	428.9(328)
上海台	215.9(52)	503.1(17)	196.5(48)	484.1(39)	209.6(40)	458.3(27)	207.4(140)	479.6(83)
福建台	202.4(5)	309.9(4)	247.7(33)	521.1(25)	163.7(24)	471.6(16)	211.5(62)	484.7(45)
广州台	225.3(47)	444.6(31)	195.0(89)	408.8(61)	151.0(52)	352.1(42)	190.4(188)	399.3(134)
浙江台	—	—	158.6(7)	389.0(7)	235.8(13)	532.5(5)	208.8(20)	448.8(12)
江苏台	—	—	236.8(4)	288.9(1)	278.9(4)	283.4(1)	257.9(8)	286.2(2)
广西台	105.3(3)	—	150.1(4)	150.4(1)	—	—	130.9(7)	150.4(1)
香港台	170.3(111)	309.7(65)	221.5(165)	439.1(123)	168.2(57)	336.1(32)	195.3(333)	385.9(220)
美国关岛	209.6(317)	414.3(244)	221.5(201)	480.6(157)	168.3(109)	356.4(85)	206.2(627)	425.6(486)
日本	219.4(241)	—	258.2(216)	—	249.3(213)	—	241.4(670)	—
菲律宾	232.9(92)	—	202.3(125)	—	226.3(84)	—	218.4(301)	—

注：括号内数字是预报次数。

表1列出了1985—1987年各种方法的平均距离误差。就国内综合方法而言，广州中心气象台的预报精度最好。以中央台为代表的我国官方预报与关岛、日本和菲律宾相比，关岛台风联合警报中心的精确度最高，我国其次，日本的误差最大。

表2列出的客观方法中，浙江省气科所的统计预报精确度最高，上海台风所的统计动力方案和福建省气象台逐步回归方案也有较高的预报准确性，性能也比较稳定。

表2 1985—1987年我国九种主要客观预报方法的平均距离误差 (单位:公里)

方 法	1985年		1986年		1987年		总 平 均	
	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时
上 海 动力统计	157.7(46)	303.7(33)	168.9(47)	481.8(33)	137.0(76)	399.4(63)	151.5(169)	396.0(129)
中 央 台 相 似 法	232.0(39)	437.3(26)	201.7(56)	307.0(35)	162.7(110)	402.5(91)	186.5(205)	386.5(152)
浙 江 统计预报	119.8(15)	361.5(12)	97.3(12)	368.4(10)	135.6(32)	352.2(26)	123.8(59)	357.9(48)
福 州 统计预报	145.6(8)	213.8(6)	192.4(35)	496.2(26)	151.3(55)	373.9(47)	165.5(98)	402.0(79)
广 州 相似加权	185.1(15)	215.5(9)	238.0(35)	539.6(24)	173.3(52)	419.3(43)	197.2(102)	433.2(76)
上 海 复合统计	134.1(21)	288.6(17)	215.4(49)	487.2(37)	196.3(39)	480.1(28)	192.9(109)	443.6(82)
江 苏 逐步回归	188.6(8)	291.0(5)	180.6(11)	381.4(7)	231.3(12)	579.7(6)	202.3(31)	422.4(18)
上 海 套网格法	245.4(15)	167.9(1)	310.0(6)	922.6(2)	377.1(8)	720.2(2)	295.1(29)	690.7(5)
辽 宁 数值预报	356.6(12)	500.2(5)	—	—	398.6(5)	—	369.0(17)	500.2(5)

注:括号内数字是预报次数。

束家鑫(1980年)在介绍我国1976—1979年的台风业务预报水平曾指出^[4],当时客观方法的平均误差较主观预报略大。八年后的今天,我国的台风客观预报方法精确度,除数值预报模式以外,已普遍高于主观预报(表3)。

表3 1985—1987年与1975—1979年平均预报误差的比较 (单位:公里)

方法 时间	相 似		统 计		数 值		统计动力		两层引导*		综 合	
	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时
1975—1979	222.0	455.1	216.3	440.3	216.5	401.5	214.6	453.3	211.1	422.3	205.6	426.0
1985—1987	198.9	390.0	158.5	380.8	313.0	603.7	158.0	400.8	117.1	407.1	212.7	428.9

* 两层引导方法只是1987年的误差

表4 1985—1987年几种主要预报方法登陆点的24小时平均距离预报误差

(单位:公里(纬距))

方 法	误 差	次 数	方 法	误 差	次 数
中 央 台	174.1(1.6)	14	上 海 复 合 统 计	153.4(1.4)	6
上 海 台	152.2(1.4)	7	上 海 统 计 动 力	149.4(1.3)	6
广 州 台	152.1(1.4)	11	PC 法	197.2(1.8)	13
日 本	215.1(1.9)	13	浙 江 统 计	127.4(1.1)	5
关 岛	134.8(1.2)	9	福 建 逐 步 回 归	131.9(1.2)	5
中央台相似	123.0(1.1)	11	广 州 相 似 加 权	185.2(1.7)	9

为了了解各种方法对台风登陆点的预报能力,本文还统计了几种主要预报方法对台

风登陆点的24小时预报误差。1985—1987年6—10月登陆我国大陆的台风共计19个,由于各地气象台所处的地理位置不同,它们预报登陆台风的个数差异较大。本文选取了有五次以上登陆点预报的方法,分别计算它们的24小时平均距离误差,须说明的是有的台风登陆时间在半夜或清晨,所以上面所指的24小时误差实际预报时效为18—24小时。

由表4可见,我国目前台风登陆点的误差一般在1.5个纬距左右。误差最小的方法是中央台相似法和浙江统计预报,但是误差仍有1.1个纬距。从中可看出,要在24小时以前较正确地预报台风登陆点,目前还具有一定难度。这也可能是台风紧急警报的发布时效往往不足24小时的原因所在。

四、技巧水平

Neumann(1980)曾提出了技巧水平的概念^[5],可避免简单地将距离误差来比较各种方法优劣的缺陷。1985年国家气象局专业司指定用上海台风所的 Cliper 方法^[6]计算我国各种预报方法的技巧水平,并规定当某一客观方法连续三年均无技巧水平时,应停止业务预报的广播。技巧水平的计算按下列公式:

$$P = 100(E_c - E_m) / E_c$$

表5 1985—1987年各种预报方法三年的技巧水平(%)

方 法	1985年		1986年		1987年		平 均	
	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时	24小时	48小时
中央台	9.1	-12.2	-1.0	-3.2	8.0	4.0	4.8	0.5
广州台	17.3	23.2	18.6	-1.0	14.0	5.0	16.6	5.5
福建台	-6.4	5.1	13.2	-15.6	-2.0	14.0	6.1	0.5
浙江台	—	—	21.4	39.8	10.0	-1.0	13.3	21.5
上海台	13.5	5.8	-7.0	-16.0	3.0	9.0	4.2	-1.1
江苏台	—	—	-10.9	54.0	-47.0	30.0	-28.4	40.6
广西台	12.6	—	-48.6	16.9	—	—	-17.1	16.9
客 观 方 法								
中央台相似	11.6	6.3	25.1	12.2	7.0	0.0	13.4	4.1
两层引导	—	—	—	—	29.0	20.0	29.0	20.0
广东相似加权	-9.7	2.6	21.4	-7.6	4.0	-8.0	10.0	-7.3
福建逐步回归	11.5	32.4	27.3	-24.7	13.0	7.0	18.2	-1.0
浙江统计	20.7	-0.9	31.7	-6.1	27.0	29.0	26.5	17.1
上海套网格	-4.6	54.5	-28.6	11.0	-9.0	-8.0	-8.1	7.6
上海统计动力	32.6	12.0	18.5	-7.6	31.0	11.0	28.0	6.2
上海复合统计	16.7	7.3	5.1	-9.8	8.0	7.0	10.0	0.9
江苏逐步回归	-60.0	-102.1	-2.9	13.1	-32.0	-12.0	-25.6	-10.5
辽宁 LN-1	-69.1	20.4	—	—	1.0	—	-36.2	20.4

式中 E_c 和 E_m 分别是 Cliper 方法和某一方法的误差。 P 是技巧水平,正值表示该方法胜过 Cliper 方法,而负值表示比 Cliper 方法差,即无技巧水平。表5列出了1985—1987年我国各种方法的技巧水平。可以看出,不论是综合预报还是客观预报,具有24和48小时技巧水平的方法占多数,表明它们在改进气候和持续性预报方面是有能力的。就客观方法而言,相似法一般被认为技能水平较差^[7],但中央台相似法却具有较好的技能水平。数值预报的短期预报技能虽然较低,但是它的48小时技能却超过相似法和逐步回归法。由于该模式发布次数太少,这一结论还有待今后进一步检验。对于48小时以上的延伸预报,应重视数值预报模式。

五、移向移速误差的评价

前面介绍的误差显然是初始定位误差、方向和速率误差的综合结果。尽管有了技巧水平的评定,但仍不能反映各种客观方法在移向移速方面的性能。Elsberry(1986)^[8]提出将某方法预报台风的移向分量和移速分量与标准路径的分量相比,得出预报的级差分布,并按级差计算每一方法的处罚分^[9],从而排列各预报方法在移向、移速方面的优劣名次。下面根据最近三年各种方法的预报结果,按上述方法进行评定。

1. CT(Cross-track)和 AT(Along-track)值的计算

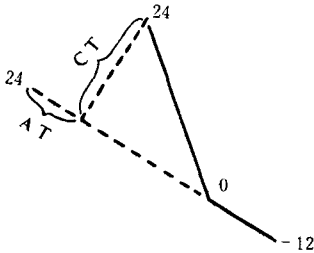


图1 由12小时位置外推计算
CT和AT值(单位:公里)
实线为警报位置,虚线为外推位置

根据1985—1987年三年的中央台警报位置,按实时和前12小时位置得出24、48和60小时外推位置。把相应时刻的警报位置与上面得到的外推位置比较,算出这三个时刻的CT和AT值(见图1),它们代表了台风实际路径与外推路径的移向和移速的偏离程度。

由图1可看出CT值是方向偏离,当警报位置位于外推位置右侧,取为正值,表示台风路径有右偏趋势。当警报位置位于外推位置

左侧,CT为负值。CT值愈大,偏差程度愈大。

根据警报位置在外推直线上的垂足,算出AT值。垂足落后于外推位置时,AT值为负,表示台风移速偏慢。反之,AT值为正,表示台风移速偏快。应该注意的是即使在台风匀速运动时,由于方向的右偏,同样会造成负的AT值。

2. 1985—1987年三年台风路径的实际移向分量(CT值)和移速分量(AT值)

将计算得到的1985—1987年三年的CT分量和AT分量^[3],制成直方图(图略),由图可将CT值和AT值分成三个等级,每一等级的样本数,各为总数的三分之一左右,等级边界值见表6。以24小时为例,凡CT值小于-50公里的台风,定为左折台风,大于100公里的定为右偏台风,AT值小于-100公里的定为慢速台风,大于50公里的定为快速台风。这种台风分类作为与其它预报方法比较的标准值。由表6可以看到1985—1987年三年的CT

平均值为正,AT平均值为负,这意味着这三年的台风以北上转向路径为主,实际移速比外推速度偏慢。

表6 1985—1987年实时警报位置样本的CT、AT值分布

(单位:公里)

预报时段 (小时)	样本数	CT		AT		分级边界值			
		平均	标准差	平均	标准差	CT		AT	
						左	右	慢	快
24	564	42.5	198.3	-37.9	223.7	-50	100	-100	50
48	465	130.7	457.9	-178.5	459.0	-100	300	-250	100
60	419	183.8	573.2	-460.6	642.9	0	400	-300	200

3. 各种方法的预报级差分布及其名次排列

针对1985—1987年三年预报总数在45次以上的各种方法,分别计算它们的CT、AT值,然后根据表6列出的分级标准,得出各种方法的预报级差。以中央台为代表的官方预报为例(见表7),24小时实际左偏的台风93个,中央台预报左偏有38个,零级级差占40.9%。预报为直线方向的台风是46个,级差为一级的占49.5%。有9个台风被预报为右偏,即级差为二级占9.7%。就全部样本而言,方向级差为零级的正确预报有197个,占54.3%;报错一级的台风有145个,占39.9%。报错二级的台风21个,占5.8%。某种方法的二级级差愈多,它的性能应该愈差。所以 Preisendorfer^[9]提出了按级差的百分比计算处罚分,计算公式为:

$$M = (V + 2W) \times 100$$

上式中 V , W 分别是一级和二级级差百分比,零级级差百分比为 U ,因此

$$U + V + W = 1.0$$

按 M 值的大小可排列各方法在不同预报时段移向移速预报名次。二级级差的处罚分比一级级差要大一倍。

表7 中央台综合法在路径左偏、右偏、快速、慢速预报的级差分布

预报 实况	CT24				预报 实况	AT24			
	左	中	右	总数		慢	中	快	总数
左	38	46	9	93	慢	35	59	11	105
中	19	97	37	153	中	26	94	26	146
右	12	43	62	117	快	25	67	20	112
总数	69	186	108	363	总数	86	220	57	363

表8 1985—1987年十一种方法的CT、AT分量24、48小时及60小时(四种方法)处罚分及名次排列
(a)

方 法	CT24			方 法	AT24		
	样本数	处罚分	名次		样本数	处罚分	名次
浙江统计预报	59	33	1	浙江统计预报	59	36	1
福建逐步回归	98	36	2	上海统计动力	168	47	2
上海统计动力	168	38	3	上海复合统计	109	56	3
中央台相似预报	206	48	4	PC法	270	60	4
上海复合统计	109	48	4	中央台相似加权	206	60	4
上海综合	142	51	5	福建逐步回归	98	61	5
中央台综合	363	52	6	上海综合	142	62	6
广州综合	187	55	7	广州综合	187	65	7
广东相似加权	104	57	8	中央台综合	363	69	8
PC法	270	59	9	福建综合	63	71	9
福建综合	63	69	10	广东相似加权	104	73	10

(b)

方 法	CT48			方 法	AT48		
	样本数	处罚分	名次		样本数	处罚分	名次
上海统计动力	139	47	1	福建综合	47	43	1
广州综合	145	49	2	上海复合统计	92	49	2
中央台综合	271	50	3	中央台相似加权	168	50	3
中央台相似加权	168	53	4	福建逐步回归	86	52	4
福建逐步回归	86	53	4	中央台综合	271	53	5
上海复合统计	92	54	5	上海统计动力	139	54	6
浙江统计法	50	54	5	浙江统计法	50	54	6
PC法	231	56	6	上海综合	83	54	6
广州相似加权	83	58	7	广州综合	145	55	7
上海综合	83	58	7	PC法	231	57	8
福建综合	47	65	8	广东相似加权	83	62	9

(c)

方 法	CT60			方 法	AT60		
	样本数	处罚分	名次		样本数	处罚分	名次
上海统计动力	125	57	1	中央台相似加权	128	38	1
中央台相似加权	128	64	2	上海复合统计	80	39	2
上海复合统计	80	65	3	PC法	158	42	3
PC法	158	68	4	上海统计动力	125	48	4

表8排列了我国三年来11种预报方法在移向移速方面的名次。可以看到24小时预报时段中,不论是方向和速度预报,前三名都是客观方法。浙江气科所的统计方法,在平均距离误差、技巧水平和移向移速的预报名次中都占首位。说明这一方法的24小时预报位置可以优先参考,可是在作48小时预报时,它的性能就下降了。在48—60小时预报中,上海台风所SD—75统计动力方案的方向预报性能最好,但速度预报不如上海复合统计模式和中央台相似法,尤其60小时的速度预报是四种客观方法中性能最低的一种。今后改进SD—75方案时要着重解决它的速度预报。

经过对不同预报时段内的方向和速度预报的分解,可看出某种方法在方向预报上可能有良好的性能,但速度预报能力就显得较差。经过对众多方法的评价,使预报员能比较了解每种方法的特点,有利于在业务预报时参考。同时也为客观方法的集成预报提供较为可靠的依据。

综合预报和客观预报相比,总的来讲性能不如客观方法。但是广州台和中央台在作48小时的台风方向预报中有较好的能力。值得注意的是福建省综合方法,它在考虑台风的48小时速度时优于其它所有的方法。

由于统计年份只有三年,上述结论还不够稳定,随着资料的进一步累积,将得到较全面的评价。

六、结 论

1. 三年来我国的客观方法预报精度有明显提高,平均距离误差、方向和移速的误差级差都小于综合方法。其中浙江气科所的统计方法和上海台风所的SD—75动力方案,有比较好的预报性能,是目前业务预报中可以信赖的方法。

2. 以Cliper方法为技能基准的检验后,看出我国大多数客观方法优于气候持续法,即使对低纬度的台风预报,也占有一定优势。

3. 目前我国台风数值预报采用的是正压模式,近年来效果并不理想,尤其是短期预报。台风涡旋内和周围不适当的初值化资料可能是性能较差的原因之一。值得注意的是尽管平均距离误差较大,但48小时预报尚有一定的技能水平。数值预报业务化能力的提高,必须引起高度重视。

4. 客观预报方法的性能优于综合方法,这在距离误差和方向速度预报的误差级差方面都能反映出来,但是客观方法还不能为广大预报员完全信赖,这是因为在关键时刻的决策预报中同样感到束手无策。除了异常路径缺乏预报能力外,对12小时右折35度以上的转向点,及转向后的加速预报还存在较大误差,这在今后的模式改进中要引起足够重视。

5. 我国发布的大多数综合方法是具有技能水平的。虽然目前还无法挑到一个占绝对优势的客观方法,但是在了解各种客观方法的预报性能后,即使在业务预报中遇到意见不一致的情况下,预报员可以比较合理地考虑和选取各种方法的预报意见。相信综合预报的精度还会进一步提高。

参 考 文 献

- [1] 薛宗元、李多武,1985年我国台风路径客观预报的检验,气象,第9期,1986年。
- [2] 费亮、李多武、吴天泉等,1986年台风路径业务预报的评价,海洋预报,5,1,1988。
- [3] 费亮、吴天泉、徐静远,评价我国1987年台风业务预报,即将发表。
- [4] 束家鑫、陈联寿,中国台风研究和业务预报的评述,1980年上海国际台风学术讨论会会议文集,1980年。
- [5] Neumann, C. J., On the verification of tropical cyclone forecasts, pre-prints and Abstracts of paper of Symposium on Typhoons, pp. 95—103, 6—11, Oct, 1980, Shanghai, China.
- [6] 吴中海、徐一鸣、李多武、吴天泉,西北太平洋台风路径预报的气候持续性模式,气象科学技术集刊(5),气象出版社,1983年。
- [7] Neumann, C. J. and J. M. Pelissier, Models for the prediction of tropical cyclone over North Atlantic: An operational evaluation, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 3, 522—538, 1981.
- [8] Elsberry, R. L. and J. E. Peak, An evaluation of tropical cyclone forecast aids based on cross-track and along-track components, *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 1, 1986.
- [9] Preisendorfer, R. W. and C. D. Mobley, Data intercomparison theory I: Trinity statistics for location, spread and pattern difference, NOAA Tech. Memo., ERL PMEL-39, Pacific Marine Environmental Laboratory, 1982.

AN EVALUATION OF TYPHOON OPERATIONAL FORECAST IN CHINA

Fei Liang Wu Tianquan Xu Jingyuan
(Shanghai Typhoon Institute)

Abstract

In this paper, using the typhoon data during 1985—1987, the current operational forecasting status has been evaluated. Also, the errors of the typhoon forecasting with different methods for the moving direction and speed have been shown. According to the verification of typhoon forecast, the names of arrangement in the order of their scores have been given. Therefore, the forecasters could be to understand the performance for the methods and to improve the operational forecast.