

宁波市热带气旋降水量分布特征研究

刘家顺, 邹逸江*

(宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 分析了 1959~2012 年间 62 支对宁波市造成降水的热带气旋, 根据其行进路径特点进行了分类, 并对各种路径类型热带气旋给宁波市各区域造成的降水量空间分布进行了研究. 结果表明: (1)影响宁波市的热带气旋可分为 5 种路径类型; (2)热带气旋影响宁波市降水的关键因素是其登陆区域及行进路径与距离; (3) I 型热带气旋平均降水量与热带气旋等级呈正相关, 而其余类型均无此特征; (4)镇海区、江东区、江北区、海曙区 4 区域热带气旋平均降水量最少; (5)宁海县、奉化市、鄞州区、象山县 4 区域热带气旋平均降水量最多; (6)近海转向型热带气旋平均降水量最少, 但象山县和北仑区降水较为集中, 这与两个区域地理位置有关.

关键词: 宁波市; 路径类型; 平均降水量; 空间分布

中图分类号: P444

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2016) 04-0101-06

我国位于亚欧大陆东岸, 太平洋西岸, 特别是东部沿海地区处于世界最大陆和最大洋交界处, 由于海陆性质的差异, 容易形成热带气旋. 热带气旋往往伴随大风暴雨, 给沿海地区造成大风、洪涝等气象灾害. 为了减轻这些气象灾害, 针对热带气旋的研究一直都是一项重要工作.

许多气象工作者对影响浙江省的热带气旋进行过研究. 田荣湘研究了赤道平流层纬向风准 2 年振荡和浙江热带气旋的关系, 指出赤道平流层纬向风的东风向时期影响浙江热带气旋较多^[1]; 雷媛等^[2]分析了暖冬年和影响浙江热带气旋的关系, 认为暖冬年进入台汛期后影响浙江的热带气旋总数比常年偏少; 周钦华等^[3]提出 20 世纪 80 年代中后期起登陆浙江的热带气旋增多, 对杭州的影响和灾害也增多; 王东法等^[4]对浙江省的热带气旋风雨空间分布特征进行了研究, 将浙江分为 5 个风雨影响区, 其中东南沿海区是热带气旋风雨严重影响区. 另外, 其他关于浙江省热带气旋降水的研究有颇多成果^[5-9], 但是针对宁波市地区的热带气旋降水空间分布研究目前较少.

宁波位于我国东南沿海长江三角洲南翼, 东临东海, 南临三门湾, 北临杭州湾, 海岸线漫长^[10]. 宁波市地势西南高, 东北低, 分为 11 个县级行政区; 西南部的奉化市和宁海县、东南部的象山县以及中部的鄞州区西侧地势较高, 热带气旋伴随的大风更容易造成地形雨; 中北部的海曙区、江东区、江北区以及镇海区地势地平, 且周围地势较高, 呈盆地状, 热带气旋到来时处于“被保护”姿态; 东部的北仑区有深入舟山群岛的狭长地带, 热带气旋生成时容易首当其冲; 西北部的慈溪市和余姚市南侧地势较高, 北侧地势地平, 而且距离东海较远, 受热带气旋影响相对较弱. 本文试图从热带气旋路径入手, 以揭示不同路径下不同等级热带气旋对宁波市造成的降水量空间分布特征, 为宁波市防台工作提供参考依据.

1 资料和方法

1.1 资料

文中选取 1959~2012 年间 62 个对宁波市造成降水的热带气旋, 对应 4 个关系型数据库, 其中主

收稿日期: 2015-03-22.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家重大科技支撑计划项目子课题 (2011BAK07B02-05); 浙江省科技厅公益性技术应用研究计划项目 (2011C23026); 浙江省自然科学基金 (LY12D01001); 宁波市自然科学基金 (2013A610062).

第一作者: 刘家顺 (1988-), 男, 河南信阳人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 空间地理信息集成. E-mail: liujiashun0520@126.com

*通信作者: 邹逸江 (1963-), 男, 江西南昌人, 博士/教授, 主要研究方向: 地理信息系统. E-mail: zouyijiang@nbu.edu.cn

数据库为 Maintable, 包含“气旋序号”“气旋中心地面附近最大风速”字段, 本文利用“气旋中心地面附近最大风速”字段对热带气旋划分等级. 路径数据库 Path, 包含“气旋序号”“时间”“纬度”“经度”字段, 本文将利用这 4 个字段对 62 个热带气旋的行进路径进行可视化分析, 并据此加以分类. 监测站数据库 StationPar, 包含了“监测站站号”“所在区域”等字段, 从“所在区域”字段可以统计得出各个行政区监测站数量分布: 北仑区 20 个, 慈溪市 24 个, 奉化市 24 个, 海曙区 14 个, 江北区 6 个, 江东区 4 个, 宁海县 29 个, 象山县 30 个, 鄞州区 35 个, 余姚市 34 个, 镇海区 7 个. 本文将利用这 2 个字段研究宁波市地区降水空间分布的情况. 降水量数据库 WindRain, 包含了“气旋序号”“监测站站号”“监测站监测水量”等字段, 本文将利用这 3 个字段对热带气旋降水量进行统计. 文中热带气旋编号采用《台风年鉴》中的序号.

1.2 方法

1.2.1 系统聚类分析法

研究样品(网点)或指标(变量)之间存在程度不同的相似性(亲疏关系, 以样品间距离衡量), 根据一批样品的多个观测指标, 找出能够度量样品或指标之间相似程度的统计量, 以这些统计量作为划分类别的依据. 将一些相似程度较大的样品(或指标)聚合为一类, 另外一些彼此之间相似程度较大的样品(或指标)再聚合为另一类, 直至所有样品(或指标)聚合完毕, 这就是分类基本思想^[11]. 本文对热带气旋样本采用此方法进行路径相似度分类.

1.2.2 平均值法

单个热带气旋平均降水量按下式计算:

$$M = \left(\sum_{i=1}^x S_i \right) / x, \quad (1)$$

式中, S_i 为热带气旋 M 降水覆盖的雨量监测站 i 的监测水量; x 为监测到热带气旋 M 降水的雨量监测站个数.

同一类型热带气旋平均降水量按下式计算:

$$M_{\text{type}} = \left(\sum_{i=1}^n M_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n N_i \right), \quad (2)$$

式中, i 为热带气旋计算序号; n 为热带气旋样本数量; M_i 为第 i 号热带气旋的平均降水量; N_i 为第 i 号热带气旋降水覆盖的雨量监测站数量.

单个雨量监测站平均监测水量按下式计算:

$$S = \left(\sum_{i=1}^x M_i \right) / x, \quad (3)$$

式中, M_i 为 i 号热带气旋降水该雨量监测站的监测水量; x 为符合条件热带气旋数量.

宁波市单区域内热带气旋平均降水量按下式计算:

$$A = \left(\sum_{i=1}^y S_i \right) / y, \quad (4)$$

式中, S_i 为该区域内所有雨量监测站监测的 i 号热带气旋降水之和; y 为所选热带气旋数量.

2 结果与讨论

2.1 热带气旋分类

为分析不同行进路径热带气旋对宁波市降水空间分布的影响, 需要对 62 个热带气旋基于路径分类. 基于 Path 数据库中的“气旋序号”“时间”“纬度”“经度”4 个字段, 根据每 6 h 同个热带气旋中心位置的经纬度信息, 再利用 ArcGIS 空间数据分析功能得出所有热带气旋的行进路径的点图层^[12], 然后再基于点图层绘制出对应的线图层, 根据聚类分析法, 分为 5 种路径类型(图 1).

I 型: 在福建或浙江登陆, 且登陆后穿越浙江全境, 并逐渐转向北或东北方向行进, 转向点在沿海省份境内;

II 型: 在福建或浙江登陆, 且登陆后穿越浙江全境, 并逐渐转向北或东北方向行进, 转向点在内陆省份境内;

III 型: 在西太平洋或我国东南沿海形成, 在其行进过程中并未登陆, 在近海转向北或东北方向;

IV 型: 在浙江省境内登陆, 且登陆后的移动路径为继续向西或西北方向行进并减弱消亡;

V 型: 在福建省境内登陆, 且登陆后的移动路径为继续向西或西北方向行进并减弱消亡;

其中 III 型热带气旋为未登陆型, 其余 4 种都是登陆型.

2.2 热带气旋等级划分

根据中国《热带气旋等级》新标准^[13], 可以分别把上述 5 种路径类型的热带气旋分为台风、强热带风暴、热带风暴 3 个级别进行研究, 总结不同路径类型下不同级别的热带气旋降水量在宁波市的

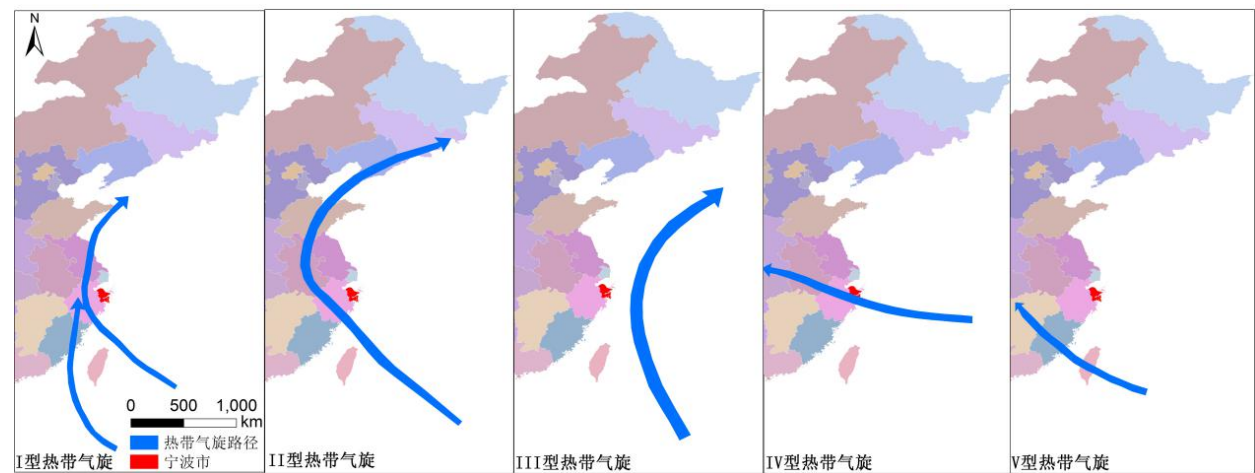


图 1 热带气旋路径类型图

表 1 62 支热带气旋样本分类情况

路径类型	数量/个	降水量/mm	总量比/%	热带气旋等级	热带气旋编号	类型比/%
I 型	16	175	26	台风	6210 号、0716 号、6621 号	19
				强热带气风暴	8511 号、9022 号、0515 号、0908 号、6133 号	31
				热带风暴	9220 号、9008 号、8709 号、6105 号、5906 号、5626 号、5915 号、0102 号	50
II 型	8	125	13	台风	0713 号、9714 号	25
				热带风暴	0509 号	13
				热带风暴	7808 号、6208 号、6011 号、6213 号、9419 号	62
III 型	16	66	26	台风	0018 号、0815 号、5919 号、7918 号、8310 号、8617 号	38
				强热带风暴	0207 号、9432 号、7916 号、8119 号、9416 号、0121 号	37
				热带风暴	8527 号、0016 号、6210 号、7712 号	25
IV 型	8	191	13	台风	7218 号	13
				强热带风暴	9810 号、7418 号、1211 号	37
				热带风暴	8911 号、8811 号、0417 号、7509 号	50
V 型	14	75	22	台风	6320 号、0219 号、0519 号	22
				强热带风暴	8715 号、0604 号、0505 号、8926 号 8121 号、9923 号、0808 号、9217 号、1209 号	64
				热带风暴	7132 号、5820 号	14

注: 降水量为均值, 且四舍五入取整.

分布特征. 分类结果见表 1.

2.3 热带气旋路径与其平均降水量

表 1 中为按(2)式计算出 5 种路径类型热带气旋平均降水量结果. IV型热带气旋平均降水量最多, 8 个热带气旋样本的平均降水量达到 191 mm; IV型热带气旋之所以最多, 与该型热带气旋路径有较大关系. 从图 1 可以看出, 该型热带气旋在距

离宁波市较近的浙江省登陆, 且在行进过程中其路径距离宁波市最近.

I 型热带气旋平均降水量仅次于IV型. 从图 1 可以看出, 该型热带气旋登陆地点与移动路径距离宁波市地区较近, 且宁波市处在热带气旋行进方向右侧, 易受密蔽云系影响而产生强降雨, 16 个统计样本的平均降水量为 175 mm.

II型热带气旋平均降水量位居第三,与I型热带气旋类似.由于宁波市处在热带气旋行进右侧,容易受到其密蔽云系的影响而产生降雨^[14],但是与I型热带气旋相比(图1),该型热带气旋的登陆地点和移动路径距离宁波市地区较远,其影响强度要比I型热带气旋小,平均降水量为125 mm.

V型热带气旋平均降水量位居第四,由于登陆地段与行进路径已经距离宁波市地区较远(图1),影响强度较低,14个样本平均降水总量为75 mm.

III型热带气旋平均降水量最少,由于该类热带气旋并没有登陆而是在近海转向北方或东北方(图1),平均降水总量只有66 mm.

综上所述,5种路径的热带气旋中,对宁波市降水影响最严重的是IV型热带气旋;热带气旋登陆地区和移动路径距离宁波市越远,对其降水影响越小;未登陆的III型热带气旋对宁波市地区降

水影响最小.

2.4 宁波市热带气旋降水空间分布特征

按(4)式计算宁波市单个区域内同类型热带气旋平均降水量,计算结果见表2.

I型热带气旋平均降水量在空间分布上分布特征:台风降水最多的为奉化市,平均降水量超过了300 mm,降水覆盖监测站达16个;宁海县、鄞州区、余姚市、江北区都超过了200 mm,降水覆盖监测站数量除江北区只有3个,都超过了15个;其他行政区的平均降水量都超过了100 mm;降水覆盖的监测站数量除镇海区、江东区、海曙区外,都超过了10个,考虑到镇海区、江东区、江北区、海曙区因行政区面积较小,故所覆盖的监测站数量较少,可以看出I型热带气旋中台风使宁波市地区普降大雨;强热带风暴降水在量上比台风少一些,但是在空间分布上和台风相似,同样,宁波

表2 热带气旋降水量分布情况

类型		I型			II型			III型			IV型			V型		
		台	强	热	台	强	热	台	强	热	台	强	热	台	强	热
奉化市	平均降水量/mm	302	245	149	154	179	56	37	80	141	163	275	66	40	111	141
	监测站数量/个	16	19	1	1	16	1	16	1	1	1	23	1	16	23	1
宁海县	平均降水量/mm	271	230	169	234	143	122	38	80	100	246	282	113	52	109	221
	监测站数量/个	21	22	1	1	21	1	21	1	1	1	29	1	21	29	1
鄞州区	平均降水量/mm	258	166	133	121	144	73	65	61	102	115	236	43	52	108	143
	监测站数量/个	17	17	1	1	17	1	17	1	1	1	33	1	17	33	1
余姚市	平均降水量/mm	244	134	73	96	107	43	26	64	94	58	173	44	48	65	129
	监测站数量/个	19	20	1	1	20	1	19	1	1	1	32	1	20	32	1
北仑区	平均降水量/mm	179	141	86	76	144	43	96	51	114	92	202	23	13	62	117
	监测站数量/个	11	12	1	1	12	1	11	1	1	1	20	1	12	20	1
象山县	平均降水量/mm	197	186	127	96	170	56	100	125	76	143	276	83	37	37	163
	监测站数量/个	21	26	2	1	21	1	25	2	2	1	30	2	21	30	1
慈溪市	平均降水量/mm	191	82	81	64	73	34	40	68	68	47	111	28	42	36	192
	监测站数量/个	15	15	1	1	15	1	14	1	1	1	22	1	15	22	1
江北区	平均降水量/mm	202	60	0	0	62	0	43	0	0	0	136	0	53	39	0
	监测站数量/个	3	5	0	0	3	0	4	0	0	0	6	0	3	6	0
镇海区	平均降水量/mm	160	56	0	0	0	0	71	0	0	0	138	0	45	56	0
	监测站数量/个	4	5	0	0	0	0	4	0	0	0	7	0	4	7	0
海曙区	平均降水量/mm	133	89	0	0	36	0	43	0	0	0	135	0	19	75	0
	监测站数量/个	3	3	0	0	3	0	3	0	0	0	13	0	3	13	0
江东区	平均降水量/mm	114	45	0	0	0	0	66	0	0	0	184	0	25	40	0
	监测站数量/个	4	4	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	4	4	0

注:台——台风;强——强热带风暴;热——热带风暴.

市地区也是普降大雨。热带风暴的数量占了Ⅰ型热带气旋总数量的一半,但是降水量较少,且覆盖的监测站数量非常少,有降水的行政区只覆盖了个别监测站,江北区、江东区、镇海区和海曙区无降水。

Ⅱ型热带气旋平均降水量的空间分布特征:台风级别热带气旋的平均降水量虽然达到120 mm,但是降水覆盖的范围较小,7个行政区中都只有1个监测站监测到雨量,江北区、江东区、镇海区和海曙区没有监测站监测到降水;唯一一支强热带风暴0509号无论降水量还是覆盖面都是本类型中最多和最广的一支热带气旋,宁海、奉化、鄞州、象山、北仑5个县区降水量超过100 mm,且每个行政区中被覆盖的监测站数量都超过10个;热带风暴共有5支,占总类型的62%,但是其平均降水量只有64 mm,并且降水只覆盖了7个行政区,每个行政区只有个别监测站监测到降水,且基本都低于100 mm,江北区、江东区、镇海区和海曙区没有监测站监测到降水。

Ⅲ型热带气旋中台风、强热带风暴和热带风暴平均降水量都少于100 mm,较为不同的是台风降水空间分布较为广泛,11个行政区都有涉及,除了江北区、镇海区、海曙区和江东区因固有的监测站数量较少而覆盖的监测站少于10个外,其他7个行政区覆盖的监测站都超过了10个。强热带风暴和热带风暴在7个行政区都有造成降水,但是每个行政区内只有个别监测站监测到降水。江北区、镇海区、海曙区和江东区没有监测到强热带风暴和热带风暴降水。

Ⅳ型热带气旋中只有1支台风样本,平均降水量为124 mm,江东区、海曙区、镇海区、江北区没有监测到台风降水,其他7个行政区虽然监测到台风降水,但是降水覆盖范围较小,每个行政区只有个别监测站监测到降水;强热带风暴的平均降水量达到了210 mm,并且基本上覆盖了11个行政区的所有监测站,可见其降水范围之广。热带风暴与台风相似,江东区、海曙区、镇海区和江北区都没有监测到降水,其他7个行政区虽监测到降水,也只是覆盖个别监测站,且监测的降水量较少。

V型热带气旋中台风平均降水量为48 mm,虽然台风降水涉及宁波市地区所有区域,且覆盖各

区的监测站数量都较多,但是各区监测站平均监测水量都少于60 mm;强热带风暴的平均降水量为79 mm,除宁海县、奉化市和鄞州区3个行政区气象台平均监测降水量稍多于100 mm,其他8个行政区都少于100 mm;热带风暴平均降水量较多,除了江东区、江北区、镇海区和海曙区都没有监测到降水外,其他7个行政区的气气象台平均监测水量都超过100 mm,但是各区只是个别监测站监测到降水,所以降水空间分布较狭窄。

3 结论

(1)在对宁波市造成降水的影响上,热带气旋登陆区域及行进路径是最关键的因素,其中近海转向型最弱,登陆型热带气旋的登陆地点及行进路径与宁波市之间的距离与热带气旋平均降水量呈负相关关系。

(2)Ⅰ型热带气旋平均降水量与热带气旋等级呈正相关,而其余类型均无此特征;结论(1)证明了此点,虽然同属同一路径类型,但是不同热带气旋个体之间登陆区域和行进路径与宁波市之间的距离有所差别。

(3)镇海区、江东区、江北区、海曙区4个区域受热带气旋影响产生的降水量最少;5种路径类型下15种子类型中有8个类型热带气旋在这4个区域平均降水量为零,分别是Ⅰ型热带风暴,Ⅱ型台风,Ⅱ型热带风暴,Ⅲ型强热带风暴、Ⅲ型热带风暴,Ⅳ型台风、热带风暴,Ⅴ型热带风暴;涉及台风、强热带风暴和热带风暴3个等级。另外7个子类型热带气旋为此4个区域带来的降水也是相对最少的。

(4)宁海县、奉化市、鄞州区、象山县4个区域热带气旋平均降水量最多;由统计分析可知,5种路径类型降水平均检测量宁海县为160 mm,奉化市为143 mm,鄞州区为143 mm,象山县为125 mm,其他7个行政区远低于100 mm;

(5)近海转向型热带气旋平均降水总量最少,但是象山县和北仑区降水较为集中,这与2个区域地理位置相关。

参考文献:

[1] 田荣湘. 赤道平流层纬向风的准2年振荡与浙江台风

- 的初步研究[J]. 浙江大学学报(理学版), 2001, 28(4): 450-455.
- [2] 雷媛, 孙彭龄. 浙江暖冬的特点与汛期降水关系的分析[J]. 科技通报, 2003, 19(5):399-402.
- [3] 周钦华. 四十二年来登陆浙江的台风及其对杭州的影响[J]. 杭州大学学报(自然科学版), 1994, 21(2):236-242.
- [4] 王东法, 陈海燕, 范爱芬, 等. 浙江省热带气旋风雨空间分布特征研究[J]. 科技通报, 2010, 26(1):39-46.
- [5] 俞燎霓, 雷媛, 曹美兰, 等. 近 58a 来影响和登陆浙江的热带气旋统计特征分析[J]. 台湾海峡, 2007, 26(2): 213-219.
- [6] 程正泉, 陈联寿, 刘燕, 等. 1960~2003 年我国热带气旋降水的时空分布特征[J]. 应用气象学报, 2007, 18(4): 427-434.
- [7] 崔林丽, 杨引明, 刘红亚, 等. 华东沿海热带气旋移动和降水特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(7): 887-893.
- [8] 姚丽娜. 华东地区登陆台风降水及路径的初步研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
- [9] 王东发. 登陆台风影响浙江降水的分型研究[D]. 杭州: 浙江大学理学院, 2008.
- [10] 宁波市水利志编纂委员会. 宁波市水利志[M]. 北京: 中华书局出版社, 2005:66-105.
- [11] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007:5-85.
- [12] PRICE M. ArcGIS 地理信息系统教程[M]. 5 版. 李玉龙, 张怀东, 译. 北京: 电子工业出版社, 2012:122-185.
- [13] 中国国家标准管理委员会. 热带气旋等级[M]. 1 版. 北京: 中国标准出版社, 2006:42-68.
- [14] 杨辉. 热带气旋对宁波降雨分布的影响[J]. 水文, 2013, 33(2):56-58.

Distribution Characteristics of Precipitation Induced by Tropical Cyclone in Ningbo

LIU Jia-shun, ZHOU Yi-jiang*

(Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The 62 tropical cyclones inducing precipitation to Ningbo are analysed and clustered and the distribution characteristics of precipitation is investigated in this paper. The results indicate that: (1)The tropical cyclones affecting Ningbo climate can be classified into 5 categories with their paths; (2)The key factor of tropical cyclones to impact the precipitation in Ningbo is found to be their landing area and the distance between their path and Ningbo; (3)The relationship between the precipitation produced by the tropical cyclones of the 1st category and the grade of tropical cyclones represents the positive correlation, which cannot be identified in other categories; (4)The regions including Zhenhai District, Jiangdong District, Jiangbei District and Haishu District have the least average precipitation; (5)The regions including Ninghai District, Fenghua District, Yinzhou District and Xiangshan District have the most average precipitation; (6)The tropical cyclones of the 3rd category whose path turns round in the offshore area has the least average precipitation among all the categories. However, due to the impact of this category, Xiangshan District and Beilun District still have very concentrated precipitation caused by their geographical location.

Key words: Ningbo; path category; average precipitation; space distribution

(责任编辑 章践立)