

文章编号: 2096-1618(2020)01-0123-06

呼吸与循环系统疾病死亡与气象条件的关联性

曹 阳^{1,2}, 马 盼¹, 王馨梓¹, 林颖仪¹

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 2. 中国民用航空西南地区空中交通管理局贵州分局, 贵州 贵阳 550001)

摘要:为探究成都市双流区死亡人数与各个气象因子的关系,选取2010年1月1日–2016年12月31日成都市双流区呼吸、循环系统疾病死亡人数资料及同期的气象观测数据,通过对数据进行描述性统计、频率分布处理、Spearman 关联性分析,并采用多元逐步回归预测模型建立了死亡人数的回归方程。研究结果表明:一年内循环、呼吸系统疾病死亡人数冬季最多,夏季最少;在11月至次年3月持续偏多;在8–9月也存在死亡小高峰,这与季节性变化和高温有关。此外,两类疾病死亡人数都呈现男性多于女性的特点。相关分析结果显示,在春、夏季,呼吸系统疾病与气象要素的关联性强于循环系统疾病;在秋、冬季节,两类疾病死亡人数都与气温和湿度有显著的相关性。分季节建立死亡人数的回归模型发现,除夏季循环系统死亡人数的回归方程不显著外,其他均通过了显著性检验($P < 0.05$)。

关键词:应用气象学;医学气象学;死亡人数;季节;气象因子;呼吸系统疾病;循环系统疾病

中图分类号:P49

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2020.01.017

0 引言

联合国政府间气候变化委员会第五次评估报告和世界卫生组织均明确指出,威胁人类健康的根本因素已由传染病逐渐转变为慢性疾病。其中,循环与呼吸系统疾病已成为全球范围内威胁人类健康的主要病种^[1]。呼吸系统疾病是一种常见病、多发病,主要病变在气管、支气管、肺等处,病变者多咳嗽、呼吸受影响,严重者甚至会呼吸衰竭而死。循环系统则是指人体内运送血液的器官和组织,循环系统疾病主要包括心脏和血管方面的疾病,常见的有缺血性心脏病(冠心病)、脑梗死、脑出血、高血压等。

作为主要的气象敏感性疾病,上述两类疾病的发病、流行与气象因子间存在显著关联^[2]。Nafatad et al^[3]对挪威地区的研究表明低于10℃,过去7天平均温度下降1℃,每日死亡率增加1.4%,呼吸系统疾病增加2.1%,心血管疾病增加1.7%。Chalhari et al^[4]分析温度在伊朗马什哈德的呼吸系统死亡率作用的研究中也发现每降低10℃,死亡风险就会增加1.36%。Mourtoukou et al.^[5]研究表明冬季的住院率和死亡率不断增加,心血管疾病以及呼吸道感染是主要原因。Keatinge^[6]研究表明人类死亡率在每年冬季急剧上升,寒冷仍将是导致疾病的主要环境原因。李雪源等^[7]通过南京市呼吸系统疾病和气象要素的关系及预测分析得出,呼吸系统疾病死亡人数在时间上有明显的季

节性分布,这与周忠玉^[8]对北京市上呼吸道感染急诊人数与气象条件关系的研究一致^[8]。马盼等^[9]对北京市上呼吸道感染的研究发现,降温剧烈、高压、干燥、晴朗、风较大的天气条件下就诊人数最多。

然而,查阅资料发现,有关成都市循环、呼吸系统疾病发病或死亡与气象条件关系的研究还比较欠缺,季节变化和短期天气过程对相关疾病的影响尚不明确,亟待研究。

1 资料与方法

1.1 成都市气候背景

成都市双流区位于成都平原腹地,年平均温度16.2℃,年平均降雨量921 mm。双流区属四川盆地中亚热带季风湿润气候区,具有全年气候温和,无酷暑严寒,常年降水丰富,春夏日照足,秋冬云雾多,四季分明的气候特点。

1.2 数据来源

疾病数据选用2010年1月1日至2016年12月31日成都市双流区循环系统及呼吸系统疾病的逐日死亡人数(包括男性、女性和总死亡人数)共16389例,来自国家疾控中心。

气象资料选用同时段双流区逐日常规地面气象观测资料,来源于中国气象科学数据共享服务网,包括平均相对湿度、降水量、平均风速、日照时数、日平均(最

收稿日期:2019-06-19

基金项目:国家重大研究计划资助项目(91644226);国家重点研发计划资助项目(2016YFA0602001)

高、最低)气温、日平均(最高、最低)气压等要素。

1.3 研究方法

(1)*K-S* 检验又称柯尔莫戈洛夫–斯米洛夫检验,是一种拟合优度检验^[10]。采用 *K-S* 检验方法来检验气象要素和各类死亡人数的分布是否符合正态分布。

(2)*Spearman* 相关系数是用以衡量定序变量间的线性相关,在数据连续、正态分布、线性关系中任一条件不满足时,只能用 *Spearman* 相关^[11]。利用 SPSS 软件对数据进行 *Spearman* 相关系数的计算,该相关系数 *R* 可用于描述死亡人数与各气象因子之间的关联程度,取值范围在 -1 ~ 1,显著性检验的方法为双侧检验。其计算模型为

$$R=\frac{1-6\sum_{i=1}^n(U_i-V_i)^2}{n(n^2-1)}$$

(1)

其中 U_i, V_i 分别是两变量排序后的秩。

(3)多元线性回归是指有多个自变量的线性回归模型,它用于揭示因变量(死亡人数)与多个自变量(气象要素)之间的线性关系。本研究采用逐步线性回归,通过将气象因子逐个引入模型并进行检验,选取最优模型,从而得到死亡人数的回归方程。其计算模型为

$$\hat{y}=\hat{\beta}_0+\hat{\beta}_1x_1+\hat{\beta}_2x_2+\hat{\beta}_3x_3+\cdots+\hat{\beta}_kx_k$$

(2)

其中 $\hat{\beta}_i(i=1,\cdots,k)$ 是回归方程的偏回归系数, x_1,\cdots,x_k 是方程的自变量因子。

2 气象条件与死亡人数的关联性分析

2.1 描述性统计

图 1~2 分别为成都市双流区循环、呼吸系统疾病死亡人数的时间序列,黑色虚线为人数在 2010–2016

年的线性变化趋势,其线性回归方程如图中右上角所示, R^2 为相应的解释方差。2010–2016 年两类疾病的死亡人数均有逐年下降的趋势,且呼吸系统疾病死亡人数的年周期较明显,而循环系统疾病死亡人数的日际振荡更强。

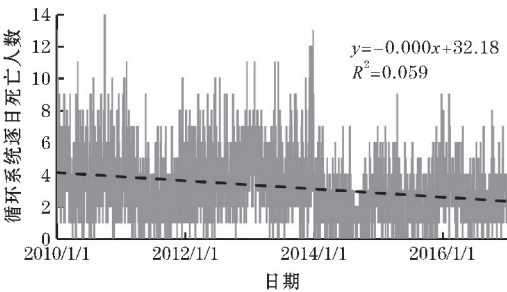


图 1 双流区循环系统疾病逐日死亡人数的时间序列

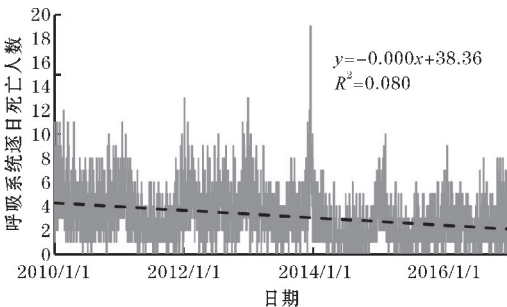


图 2 双流区呼吸系统疾病逐日死亡人数的时间序列

由表 1 可知,成都市双流区循环系统疾病每日总死亡人数最大值为 14 人,男性死亡人数最大值为 11 人,女性死亡人数最大值为 8 人;呼吸系统疾病总死亡人数最大值为 19 人,男性死亡人数最大值为 8 人,女性死亡人数最大值为 11 人。研究时段的双流区平均气温为 17.1 ℃,气温日较差 7.75 ℃,日均风速 1.14 m/s,气压均值 956.95 hPa;水汽压均值 15.31 hPa;相对湿度 73.67%,日照时数 2.62 h。

表 1 气象要素和死亡人数的描述性统计

变量	最小值	最大值	均值	标准差	方差
降水量/mm	0	225.2	2.85	10.04	100.86
平均气压/hPa	938.4	983.5	956.95	7.55	57.01
平均风速/(m/s)	0	4.3	1.14	0.51	0.27
平均气温/℃	0.05	30.95	17.10	7.21	51.96
水汽压/hPa	3.1	33.22	15.31	6.87	47.14
相对湿度/%	26	98.5	73.67	10.44	108.99
日照时数/h	0	12.1	2.62	3.07	9.41
日最低气压/hPa	934.2	979.7	953.86	7.31	53.48
日最低气温/℃	-4.4	27.3	14.03	7.06	49.83
日最高气压/hPa	940.1	986.8	959.48	7.99	63.88
日最高气温/℃	2.8	37.8	21.78	8.06	64.98
最大风速/(m/s)	1.1	8.8	3.15	1.14	1.29
气温日较差/℃	0.7	19.7	7.75	3.64	13.22
循环系统男性	0	11	1.83	1.53	2.33
循环系统女性	0	8	1.40	1.29	1.67
呼吸系统男性	0	8	1.67	1.50	2.26
呼吸系统女性	0	11	1.51	1.38	1.90
循环系统总死亡	0	14	3.23	2.12	4.51
呼吸系统总死亡	0	19	3.18	2.21	4.86

2.2 呼吸与循环系统疾病死亡人数的年内分布

由图 3、4 可知,呼吸系统疾病死亡人数的逐月变化明显,而循环系统疾病死亡人数分布较平缓。总体上死亡人数在 11 月至 3 月较多,在 6 月最少,但两类疾病在 8-9 月也有死亡小高峰,这与成都夏季高温高湿的天气有关。值得关注的是,两类疾病死亡人数都呈现出男性多于女性的特征。

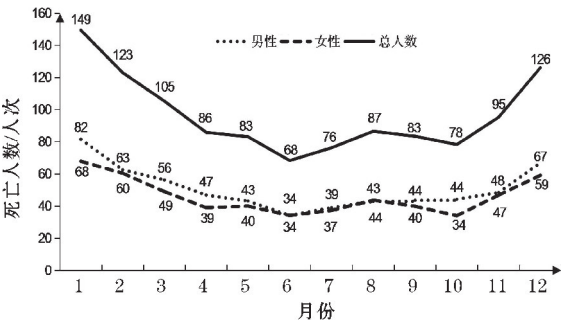


图 3 呼吸系统疾病死亡人数的逐月变化

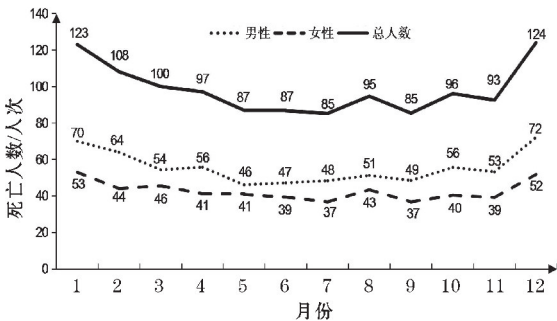
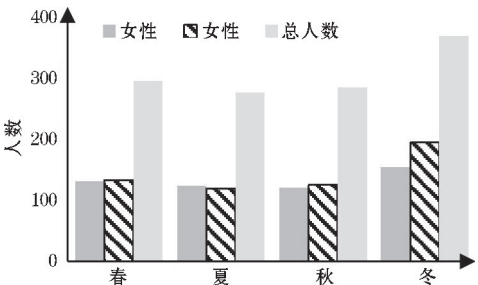
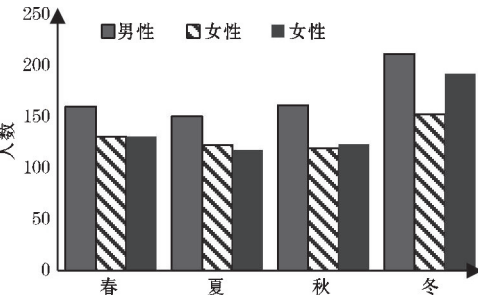


图 4 循环系统疾病死亡人数的逐月变化



(a) 呼吸系统疾病



(b) 循环系统疾病

图 5 双流区呼吸系统与循环系统疾病死亡人数的季节分布

从死亡人数的季节变化(图 5)来看,发现两类疾

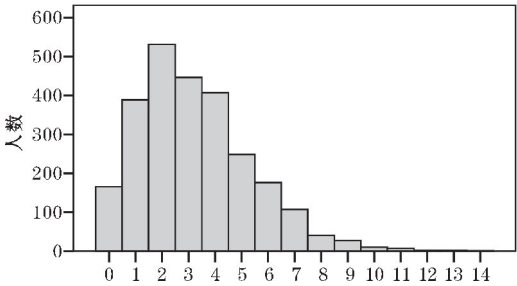
病死亡人数的分布类似,春、冬季的死亡人数较高而夏季最低,这与王敏珍^[12]研究结论一致,说明成都冬季的湿冷对两类疾病的影响均较大。

2.3 气象条件与死亡人数的相关性

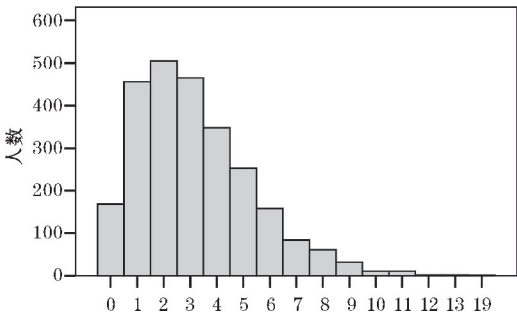
将死亡人数作频率分布(图 6),并对死亡人数和主要气象数据做 K-S 检验以验证其分布^[13],显著性检验采用双尾检测。结果显示所有数据均不符合正态分布(表略)。在数据连续、正态分布、线性关系中任一条件不满足时,只能用斯皮尔曼相关。考虑到气象要素对循环及呼吸系统疾病死亡人数的影响可能随季节有差异,所以分四季进行分析。

2.3.1 春季相关分析

由表 2 可知,春季呼吸系统疾病总死亡人数与平均气温、日最低气温、日最高气温呈显著负相关;类似地,循环系统疾病总死亡人数与平均气温、日最低气温呈显著负相关,说明气温对两类疾病有相似的影响,但呼吸系统疾病死亡数与气象要素的相关性更强。但是,两类疾病死亡人数与平均/最高/最低气压、湿度、降水、风速等要素均无统计学意义上的相关性。



(a) 循环系统疾病逐日死亡人数



(b) 呼吸系统疾病逐日死亡人数

图 6 死亡人数频率分布图

2.3.2 夏季相关分析

从表 3 可知,在夏季呼吸系统疾病男性、女性及总死亡人数均与平均气压、日最低气压、日最高气压呈显著负相关,与平均气温、日最低气温、日最高气温呈显著正相关,而与风速、降水、湿度等要素不相关。再者,发现夏季循环系统疾病死亡人数与任一气象要素无统计学上的相关性,这与循环系统疾病的发病机制复杂,诱发因素较多有关^[15]。

表 2 春季死亡人数与气象要素的相关性

	循环男性	循环女性	呼吸男性	呼吸女性	循环总人数	呼吸总人数
降水量	-0.063	-0.035	-0.036	-0.057	-0.073	-0.069
平均气压	-0.029	0.015	0.048	0.03	0.004	0.057
风速	-0.015	-0.075	-0.016	0.004	-0.063	-0.003
平均气温	-0.049	-0.094 *	-0.123 **	-0.07	-0.103 **	-0.135 **
相对湿度	-0.039	0.051	0.015	-0.038	0.012	-0.007
日照时数	0.032	-0.022	-0.080 *	-0.017	0.014	-0.059
日最低气压	-0.038	0.018	0.047	0.038	0.001	0.061
日最低气温	-0.075	-0.087 *	-0.124 **	-0.078 *	-0.119 **	-0.143 **
日最高气压	-0.014	0.013	0.052	0.025	0.013	0.055
气温日较差	0.067	-0.012	-0.037	-0.008	0.044	-0.028
日最高气温	-0.005	-0.081 *	-0.110 **	-0.07	-0.06	-0.127 **

注：* 在 0.05 级别(双尾),相关性显著; ** 在0.01级别(双尾),相关性显著

表 3 夏季死亡人数与气象要素的相关性

	循环男性	循环女性	呼吸男性	呼吸女性	循环总人数	呼吸总人数
降水量	-0.006	-0.041	-0.05	-0.044	-0.031	-0.063
平均气压	-0.007	-0.059	-0.094 *	-0.092 *	-0.044	-0.126 **
风速	0.007	0.026	0.046	0.041	0.011	0.044
平均气温	0.023	0.034	0.114 **	0.109 **	0.021	0.155 **
相对湿度	-0.015	-0.04	-0.038	-0.057	-0.031	-0.065
日照时数	-0.038	0.024	-0.011	0.003	-0.011	-0.012
日最低气压	0.018	-0.059	-0.091 *	-0.092 *	-0.027	-0.122 **
日最高气压	0.005	-0.052	-0.101 *	-0.100 *	-0.032	-0.133 **
气温日较差	-0.005	0.029	-0.003	0.033	0.012	0.024
日最低气温	0.045	0.044	0.181 **	0.126 **	0.04	0.211 **
日最高气温	0.008	0.045	0.088 *	0.093 *	0.023	0.125 **

注：* 在0.05级别(双尾),相关性显著; ** 在0.01级别(双尾),相关性显著;

2.3.3 秋季相关分析

在秋季(表 4),两类疾病男性死亡人数均与平均气温、日最低气温呈显著负相关;女性死亡人数均与相对湿度呈显著负相关;而与降水量、风速、气温日较差

均无统计学上的相关性。这表明气温和相对湿度是秋季影响两类疾病的共同原因;同时与春、夏两季相比,秋季气象要素与循环系统疾病死亡的关联性更强。

表 4 秋季死亡人数与气象要素的相关性

	循环男性	循环女性	呼吸男性	呼吸女性	循环总人数	呼吸总人数
降水量	0.021	-0.058	-0.036	0.004	-0.023	-0.036
平均气压	0.068	0.05	0.07	-0.007	0.087 *	0.043
风速	-0.022	-0.016	0.021	-0.019	-0.031	0.016
平均气温	-0.095 *	-0.032	-0.100 *	-0.087 *	-0.096 *	-0.126 **
相对湿度	-0.125 **	-0.142 **	-0.045	-0.119 **	-0.193 **	-0.129 **
日照时数	0.02	-0.018	0.005	-0.005	0.016	0.003
日最低气压	0.071	0.047	0.068	-0.003	0.084 *	0.042
日最高气压	0.067	0.058	0.075	-0.006	0.093 *	0.047
气温日较差	0.036	-0.016	-0.008	0.036	0.03	0.024
日最低气温	-0.107 **	-0.029	-0.100 *	-0.083 *	-0.104 **	-0.126 **
日最高气温	-0.059	-0.025	-0.084 *	-0.07	-0.061	-0.103 **

注：* 在 0.05 级别(双尾),相关性显著; ** 在 0.01 级别(双尾),相关性显著

2.3.4 冬季相关分析

冬季呼吸、循环系统疾病总死亡人数均与平均气

温、相对湿度、日最低气温呈显著负相关(表 5);两类疾病男性死亡人数与平均/最低气温呈显著负相关;而循环系统疾病女性死亡人数与相对湿度呈负相关。即气温和相对湿度对两大疾病的发病有较大影响,这与

乐满^[16]对遵义市的相关研究结论一致。此外,冬季风速也能显著增加呼吸系统疾病死亡风险,尤其对女性效应较强。最后,两类疾病死亡与气压、降水、日照时数等要素无统计学意义上的相关性。

表 5 冬季死亡人数与气象要素的相关性

	循环男性	循环女性	呼吸男性	呼吸女性	循环死人数	呼吸死亡数
降水量	-0.011	-0.04	-0.042	0.021	-0.037	-0.021
平均气压	0	-0.005	0.012	0.002	-0.011	0.017
风速	0.005	0.042	0.06	0.087 *	0.025	0.100 *
平均气温	-0.098 *	-0.076	-0.162 **	-0.091 *	-0.108 **	-0.168 **
相对湿度	-0.069	-0.107 **	-0.113 **	-0.031	-0.126 **	-0.086 *
日照时数	-0.02	-0.015	-0.022	-0.066	-0.021	-0.047
日最低气温	0.003	-0.015	0.003	-0.019	-0.017	-0.003
日最高气压	-0.018	0.02	0.009	0.011	-0.006	0.022
气温日较差	0.055	0.019	0.032	0.009	0.05	0.032
日最低气温	-0.119 **	-0.07	-0.125 **	-0.068	-0.120 **	-0.133 **
日最高气温	-0.025	-0.043	-0.090 *	-0.058	-0.042	-0.097 *

注: * 在 0.05 级别(双尾),相关性显著; ** 在 0.01 级别(双尾),相关性显著;

2.4 死亡人数的回归模型

分四季建立两类疾病死亡人数的多元回归预测方程(表 6~7),除夏季循环系统的方程不显著外,其余

均通过了显著性检验。其中, T_{\min} 为日最低气温, P 为平均气压, H 为降水量, DTR 气温日较差, T 为平均气温, V_{\max} 为最大风速, RH 为相对湿度, P_{\min} 日最低气温, P_{\max} 日最高气压, V 平均风速, S 为日照时数。

表 6 呼吸系统死亡人数回归方程

季节	预测模型	显著性
春	$\hat{y}=37.717-0.299T_{\min}-0.035P-0.024H-0.131\Delta T+0.207T$	$P=0.000$
夏	$\hat{y}=-25.379+0.194T_{\min}+0.141F_{\max}-0.015RH+0.026P_{\min}$	$P=0.000$
秋	$\hat{y}=60.884-0.124T_{\min}-0.027RH-0.125T_{\max}+0.069P_{\min}+0.236F$	$P=0.000$
冬	$\hat{y}=58.002-0.227T-0.027RH-0.052P_{\max}+0.231F_{\max}-0.335F$	$P=0.000$

表 7 循环系统死亡人数回归方程

季节	预测模型	显著性
春	$\hat{y}=47.893-0.081T_{\min}-0.046P-0.28H$	$P=0.002$
夏	$\hat{y}=2.054+0.66T_{\min}-0.008RH$	$P=0.162$
秋	$\hat{y}=7.365-0.049RH+0.032H-0.032T$	$P=0.000$
冬	$\hat{y}=37.512-0.027RH-0.032P_{\max}-0.254T+0.108T_{\max}-0.072S$	$P=0.000$

3 结论

通过探究 2010–2016 年成都市双流区呼吸、循环系统疾病死亡人数与各个气象要素的关系,得出以下结论。

从逐月变化来看,呼吸系统疾病死亡人数变化更明显;从季节变化上看,两类疾病死亡人数整体上呈现出冬季多、夏季少的分布特点。然而,由于季节性变化和高温,8–9 月的死亡人数也有一个小峰值。同时值得关注的是,两类疾病死亡人数都呈现出男性多于女性。

在相关分析中发现导致两大系统疾病死亡的主要气象诱因,春季为低温,夏季为低气压与高温,而秋、冬两季则是气温和相对湿度。死亡人数与降水量、日照时数、气温日较差的相关性较差,说明其影响不明显。

由于引起这两大类疾病发病的因素较多且关系复杂,气象要素变化只是影响疾病发病或死亡的外在因素之一。了解气象要素与呼吸、循环系统疾病的关联性,对有效预防和减少两类疾病的发生具有一定的现实意义。

致谢:感谢上海市气象与健康重点实验室开放基金课题(QXJK201701)对本文的资助

参考文献:

- [1] 王临虹. 慢性病防控要高度重视导致慢性病的社会决定因素[J]. 中国健康教育, 2013, 29(5): 388-389.
- [2] 耿迪, 孙宏, 蒋薇, 等. 南京市呼吸系统疾病死亡人数与气象因子的关系[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2015, 51(1): 93-97.
- [3] Nafstad P, Skrondal A, Bjertness E. Mortality and temperature in Oslo, Norway, 1990-1995[J]. Eur J Epidemiol, 2001, 17(7): 621-627.
- [4] Ghalhari G F, Mayvaneh F. Effect of Air Temperature and Universal Thermal Climate Index on Respiratory Diseases Mortality in Mashhad, Iran[J]. Archives of Iranian Medicine, 2016, 19(9): 618.
- [5] Mourtzoukou E G, Falagas M E. Exposure to cold and respiratory tract infections[J]. International Journal of Tuberculosis & Lung Disease the Official Journal of the International Union Against Tuberculosis & Lung Disease, 2007, 11(9): 938-43.
- [6] Keatinge WR. Winter mortality and its causes[J]. Int J Circumpolar Health, 2002, 61(4): 292-299.
- [7] 李雪源, 景元书, 吴凡, 等. 南京市呼吸系统疾病死亡率与气象要素的关系及预测[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(5): 46-48.
- [8] 周忠玉. 北京地区上呼吸道感染急诊就诊人数与气象条件关系的研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [9] 马盼, 黎檀实, 宁贵财, 等. 北京市上呼吸道感染与气象环境关系及其冬季天气分型初探[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2015, 51(1): 79-86.
- [10] ötügen Senger. A Statistical Power Comparison of the Kolmogorov-Smirnov Two-Sample Test and the Wald Wolfowitz Test in Terms of Fixed Skewness and Fixed Kurtosis in Large Sample Sizes[J]. 中国经济评论(英文版), 2013(7): 469-476.
- [11] 马盼, 李若麟, 赵笑颜, 等. 北京市空气质量指数与气象条件的关系及其对呼吸系统疾病的滞后影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2017, 53(3): 388-393.
- [12] 王敏珍. 中国三个代表城市呼吸系统疾病对主要气象要素的响应及预测研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [13] 王慧, 吴丹, 夏俊荣. 浅谈资料正态分布检验在气象统计分析中的重要性[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2013, 26(6): 85-86.
- [14] 宋文燕, 刘新华. 呼吸与循环系统疾病的发病与气象要素关系的分析与预测[J]. 中国医院统计, 2002, 9(2): 81-83.
- [15] 窦新英, 张月华. 循环系统疾病的发病规律及其预测模型[J]. 职业与健康, 2010, 26(22): 2561-2564.
- [16] 乐满. 气象条件和空气污染对遵义市呼吸和循环系统疾病的影响及预测研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2018.

The Associations between Meteorological Conditions and Deaths for Respiratory and Circulatory Diseases

CAO Yang^{1,2}, MA Pan¹, WANG Xinzi¹, LIN Yingyi¹

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Guizhou Sub-bureau of Southwest Air Traffic Management Bureau of Civil Aviation of China, Guiyang 550001, China)

Abstract: In order to explore the relationship between death toll and meteorological factors in Shuangliu District of Chengdu City, the death toll data of respiratory and circulatory diseases and the meteorological observation data of the same period in Shuangliu District of Chengdu City from January 1, 2010 to December 31, 2016 were selected. Descriptive statistics, frequency distribution processing and Spearman correlation analysis of the data were carried out and then regression equation of the number of deaths was established by multiple stepwise regression prediction model. The results show that the death toll of circulatory and respiratory diseases is the highest in winter and the lowest in summer, and it persists enduringly from November to March of the following year. There is also a small death peak in August to September, which is related to seasonal variation and high temperature. In addition, the number of deaths from both types of diseases is more in males than in females. Relevant analysis showed that, the correlation between respiratory diseases and meteorological factors was stronger than that of circulatory diseases; in autumn and winter, the death toll of both diseases was significantly correlated with temperature and humidity in autumn and winter. A seasonal regression model for the number of deaths was established. It was found that the regression equation for the number of deaths all passed the significant test ($P < 0.05$) except for the regression equation in summer.

Keywords: applied meteorology; medical meteorology; meteorological factors; respiratory system; circulatory system