

西安市 PM_{2.5} 浓度季节变化特征及气象影响因素解析

孟昭伟, 张同军, 雷佩玉, 常锋

陕西省疾病预防控制中心环境健康研究与评价所, 陕西 西安 710054

摘要: **目的** 掌握西安市不同季节 PM_{2.5} 浓度水平及其与气象因素的关系。 **方法** 收集 2016—2018 年西安市逐日 PM_{2.5} 监测数据和气象数据, 依据《环境空气质量标准》(GB 3095—2012) 中日均二级浓度限值标准 (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 按照不同季节对 PM_{2.5} 日均浓度进行分析评价。通过 Pearson 相关分析不同季节 PM_{2.5} 日均浓度与气象影响因素的关系。通过多重线性回归评价不同季节各气象因素对 PM_{2.5} 浓度的影响程度。通过二元 logistic 回归评估不同季节气象因素对 PM_{2.5} 浓度超标风险的影响。 **结果** 各季节 PM_{2.5} 达标天数占比由高到低依次为夏季 (100.00%) > 春季 (78.26%) > 秋季 (70.33%) > 冬季 (32.84%), 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 308.458, P < 0.001$)。各季节 PM_{2.5} 浓度中位数由高到低依次为冬季 (102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) > 秋季 (52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) > 春季 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) > 夏季 (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 409.326, P < 0.001$)。不同季节与 PM_{2.5} 日均浓度存在相关关系的气象因素不同。夏季 PM_{2.5} 日均浓度同平均温度、最高温度和最低温度呈正相关关系; 冬季 PM_{2.5} 日均浓度同平均温度、最低温度、平均相对湿度和最小湿度呈正相关关系; 其它显著性相关关系均呈负相关关系。多重线性回归方程调整后 R^2 由高到低依次为冬季 (0.436) > 秋季 (0.272) > 春季 (0.241) > 夏季 (0.083)。二元 logistic 回归方程 R^2 由高到低依次为冬季 (0.547) > 秋季 (0.360) > 春季 (0.340)。 **结论** 西安市冬季 PM_{2.5} 浓度高于其它季节, 不同季节影响 PM_{2.5} 浓度的气象因素不同。

关键词: PM_{2.5}; 季节; 气象因素; 多重线性回归; logistic 回归

中图分类号: R122.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-3110(2020)08-0934-04 DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2020.08.011

Seasonal variation characteristics of PM_{2.5} concentration and the meteorological influencing factors thereof in Xi'an city

MENG Zhao-wei, ZHANG Tong-jun, LEI Pei-yu, CHANG Feng

Institute for Environmental Health Research and Evaluation, Shaanxi Provincial Centre for Disease Control and Prevention, Xi'an, Shaanxi 710054, China

Corresponding author: CHANG Feng, E-mail: laochang521@163.com

Abstract: **Objective** To investigate the concentration level of PM_{2.5} and its relationship with meteorological factors in Xi'an city in different seasons. **Methods** We collected the daily PM_{2.5} monitoring data and meteorological data in Xi'an city from 2016 to 2018. According to the daily value of the secondary standard limit (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) of the Chinese National Ambient Air Quality Standard (GB 3095-2012), the daily average concentration of PM_{2.5} based on different seasons was evaluated. Pearson correlation analysis was performed to identify the relationship between the daily average concentration of PM_{2.5} and meteorological influencing factors in different seasons. The effects of meteorological factors on PM_{2.5} concentration in different seasons were evaluated by multiple linear regression analysis. The effects of meteorological factors in different seasons on the risk of PM_{2.5} exceeding the standard were analyzed by binary logistic regression analysis. **Results** The proportion of PM_{2.5} compliance days was found to be the highest in summer (100.00%), followed by spring (78.26%), autumn (70.33%) and winter (32.84%), and the differences were statistically significant ($\chi^2 = 308.458, P < 0.001$). The median concentration of PM_{2.5} was found to be the highest in winter (102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), followed by autumn (52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), spring (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) and summer (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), and the differences were statistically significant ($\chi^2 = 409.326, P < 0.001$). The meteorological factors correlated with the daily average concentration of PM_{2.5} in different seasons were dissimilar. The daily average concentration of PM_{2.5} in summer was positively correlated with the average temperature, maximum temperature and minimum temperature. The daily average concentration of PM_{2.5} in winter was positively correlated with the average temperature, minimum temperature, average relative humidity and minimum humidity. And negative correlations were found in other significantly correlated relationships. Multiple linear regression equations of the daily

基金项目: 陕西省公共卫生检测监测服务平台 (No. 2016FWPT-12)

作者简介: 孟昭伟 (1983-), 男, 硕士, 主管医师, 研究方向: 环境与健康。

通信作者: 常锋, E-mail: laochang521@163.com。

average PM_{2.5} concentration and meteorological factors showed that the highest coefficient of determination after adjustment was winter (0.436), followed by autumn (0.272), spring (0.241) and summer (0.083). Binary logistic regression equations of different seasons showed that the coefficient of determination from high to low was winter (0.547), autumn (0.360) and spring (0.340). **Conclusions** PM_{2.5} concentration in Xi'an was higher in winter than in other seasons. The meteorological factors affecting PM_{2.5} concentration in different seasons were unlike.

Key words: PM_{2.5}; season; meteorological factor; multiple linear regression; logistic regression

伴随经济的发展和城市化进程的快速推进,以 PM_{2.5}浓度升高为主要特征的大气复合型污染日益严重^[1-2]。受盆地地形、自然气候和周边工业企业众多等多重因素的影响,近年来西安市雾霾频发^[3],现有研究显示城市的空气污染状况除人为排放因素外,与本地区的气象因素密切相关^[4-6],并呈现一定的季节变化特征^[7-8],为了掌握近年西安市 PM_{2.5}浓度的季节变化特征和影响不同季节 PM_{2.5}浓度的主要气象因素及其影响程度,本文收集了 2016—2018 年西安市逐日 PM_{2.5}浓度监测数据及同期气象因素监测数据并开展相关性、回归分析,以期为提高西安市 PM_{2.5}精准防控提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 数据收集 根据《全国雾霾对人群健康影响监测工作方案》收集了西安市全部国控环保监测站点(13 个)PM_{2.5}逐日监测数据,取其均值作为西安市 PM_{2.5}日均浓度,数据来源于陕西省空气质量实时发布系统。收集西安市逐日气象因素监测数据,包括平均气压(hpa)、最高气压(hpa)、最低气压(hpa)、平均温度(℃)、最高温度(℃)、最低温度(℃)、平均相对湿度(%)、最小湿度(%)、降水量(mm)、日平均风速(m/s)和日照小时数(h/d),数据来源于西安市气象局。数据收集时间为 2016 年 1 月 1 日—2018 年 12 月 31 日。

1.2 评价方法 根据《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)^[9]日均浓度的二级浓度限值 75 μg/m³标准进行评价,低于标准限值为达标,并按照不同季节(春季为 3—5 月,夏季为 6—8 月,秋季为 9—11 月,冬季为 12—2 月)分别评价。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 25.0 统计软件对数据进行统计分析。定性资料的组间比较采用 χ^2 检验。定量资料如符合正态分布组间比较采用方差分析,不符合正态分布组间比较采用独立样本非参数检验(Kruskal-Wallis H Test)。通过 Pearson 相关性分析不同季节 PM_{2.5}日均浓度与气象影响因素的关系。通过多重线性回归评价不同季节各气象因素对 PM_{2.5}浓度

的影响程度。通过二元 logistic 回归评估不同季节气象因素对 PM_{2.5}超标风险的影响, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 大气 PM_{2.5}日均浓度达标情况 三年总达标天数的占比为 70.53%(773/1 096)。各年度达标天数占比由高到低依次为 2018 年(71.51%)>2017 年(70.41%)>2016(69.67%),年度间差异无统计学意义($\chi^2=0.300, P=0.861$)。三年春季共监测 276 d,夏季 276 d,秋季 273 d,冬季 271 d,达标天数占比在季节间差异有统计学意义($\chi^2=308.458, P<0.001$),由高到低分别为夏季(100.00%)>春季(78.26%)>秋季(70.33%)>冬季(32.84%)。

2.2 大气 PM_{2.5}浓度分布特征 2016—2018 年各年度 PM_{2.5}日均浓度中位数最高依次为 51、50 μg/m³ 和 43 μg/m³,年度间差异有统计学意义($\chi^2=7.385, P=0.025$)。不同季节中,冬季 PM_{2.5}日均浓度中位数最高(102 μg/m³),夏季最低(30 μg/m³),PM_{2.5}日均浓度平均水平由高到低依次为冬季>秋季>春季>夏季,差异有统计学意义($\chi^2=409.326, P<0.001$)。春季、夏季和秋季 PM_{2.5}日均浓度中位数低于 75 μg/m³,见表 1。

表 1 不同季节 PM_{2.5}日均浓度的平均水平

季节	PM _{2.5} 日均浓度(μg/m ³)					Kruskal-Wallis H Test	
	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	最小值	最大值	χ^2 值	P 值
春季	37	50	71	16	185	409.326	<0.001
夏季	24	30	41	10	75		
秋季	32	52	82	9	257		
冬季	62	102	157	16	486		
合计	32	48	85	9	486		

2.3 大气 PM_{2.5}与气象因素相关性分析 Pearson 相关性分析显示,不同季节与 PM_{2.5}日均浓度存在相关关系的气象因素有所不同。夏季 PM_{2.5}日均浓度同平均温度、最高温度和最低温度呈正相关关系;冬季 PM_{2.5}日均浓度同平均温度、最低温度、平均相对湿度和最小湿度呈正相关关系;其它显著性相关关系均呈负相关关系,见表 2。

表 2 不同季节大气 PM_{2.5} 日均浓度与气象因素 Pearson 相关性分析(*r* 值)

季节	平均气压	最高气压	最低气压	平均温度	最高温度	最低温度	平均相对湿度	最小湿度	降水量	日平均风速	日照小时数
春季	0.066	0.050	0.073	0.324 ^b	0.304 ^b	0.269 ^b	0.001	0.077	0.209 ^b	0.237 ^b	0.198 ^b
夏季	0.153 ^b	0.155 ^b	0.115	0.193 ^b	0.165 ^b	0.152 ^b	0.121 ^a	0.089	0.266 ^b	0.102	0.017
秋季	0.031	0.071	0.017	0.395 ^b	0.321 ^b	0.416 ^b	0.039	0.005	0.285 ^b	0.318 ^b	0.103
冬季	0.406 ^b	0.436 ^b	0.346 ^b	0.123 ^a	0.066	0.231 ^b	0.564 ^b	0.581 ^b	0.109	0.367 ^b	0.428 ^b
合计	0.335 ^b	0.343 ^b	0.324 ^b	0.533 ^b	0.513 ^b	0.516 ^b	0.087 ^b	0.076 ^a	0.196 ^b	0.312 ^b	0.280 ^b

注:a 在 0.05 级别(双尾),相关性显著;b 在 0.01 级别(双尾),相关性显著。

2.4 多重线性回归模型的建立与评估 在不同季节内,分别采用与 PM_{2.5} 日均浓度显著相关的气象因素对 PM_{2.5} 日均浓度进行多种线性逐步回归,纳入标准为 $P<0.10$,并将其结果标准化,比较各气象因素对 PM_{2.5} 浓度影响的相对重要性。各季节的多重线性回归方程均有统计学意义 ($P<0.001$)。气象因素对 PM_{2.5} 日均浓度变异解释度由大到小,春季依次为降水量>平均温度>日照小时数>日平均风速;夏季依次为降水量>最低温度;秋季依次为最低温度>日平均风速>降水量;冬季依次为最小湿度>日平均风速>最低温度。各季节气象因素对 PM_{2.5} 日均浓度变异解释能力 (R^2) 由高到低依次为冬季>秋季>春季>夏季,见表 3。

表 3 大气 PM_{2.5} 日均浓度与气象因素的多重线性回归方程

季节	调整后 R ²	标准化回归方程	F 值	P 值
春季	0.241	$y=-0.291x_1-0.171x_2-0.322x_3-0.251x_4$	22.773	<0.001
夏季	0.083	$y=-0.258x_3+0.138x_5$	13.466	<0.001
秋季	0.272	$y=-0.243x_2-0.179x_3-0.364x_5$	34.796	<0.001
冬季	0.436	$y=-0.318x_2+0.154x_5+0.499x_6$	70.564	<0.001
合计	0.364	$y=-0.414x_1-0.166x_2-0.200x_3-0.195x_4$	157.756	<0.001

注: x_1 :平均温度; x_2 :日平均风速; x_3 :降水量; x_4 :日照小时数; x_5 :最低温度; x_6 :最小湿度。

2.5 二元 logistic 回归模型的建立与评估 在不同季节内,将气象因素、年度、季节与 PM_{2.5} 日均浓度超标情况进行二元 logistic 回归(方法=向前逐步),夏季未出现 PM_{2.5} 日均浓度超标,不建立二元 logistic 回归方程。各季节的二元 logistic 回归方程均有统计学意义 ($P<0.001$),各季节气象因素对 PM_{2.5} 日均浓度超标变异解释能力 (R^2) 由高到低依稀为冬季>秋季>春季。各季节回归方程的总回判断正确率均大于 80.00%,模型均较为稳定,见表 4。

表 4 不同季节二元 logistic 回归模型建立与评估

季节	R ²	敏感度(%)	特异度(%)	总回判断正确率(%)	χ^2 值	P 值
春季	0.340	38.3	94.9	82.6	68.920	<0.001
秋季	0.360	55.6	90.6	80.2	79.646	<0.001
冬季	0.547	73.0	89.6	84.1	135.324	<0.001
合计	0.625	73.1	92.0	86.4	636.300	<0.001

由表 5 可见,不同季节纳入到回归方程中的自变量有所不同。春季,降水量每升高 1 mm,PM_{2.5} 日均浓度超标风险降低 49.90% ($OR=0.501$);秋季,日平均

风速每升高 1 m/s,PM_{2.5} 日均浓度超标风险降低 63.90% ($OR=0.361$),降水量每升高 1 mm,PM_{2.5} 日均浓度超标风险降低 34.50% ($OR=0.655$),PM_{2.5} 日均浓度超标风险有逐年降低的趋势;冬季,日平均风速每升高 1 m/s,PM_{2.5} 日均浓度超标风险降低 87.00% ($OR=0.130$),最小湿度每升高 1%,PM_{2.5} 日均浓度超标风险升高 7.80% ($OR=1.078$);全年,冬季 PM_{2.5} 日均浓度超标风险是春秋季节的 2.2 倍,日平均风速每升高 1 m/s,PM_{2.5} 日均浓度超标风险降低 66.7% ($OR=0.333$),降水量每升高 1 mm,PM_{2.5} 日均浓度超标风险降低 44.60% ($OR=0.554$)。

表 5 不同季节二元 logistic 回归分析

自变量	B	SE	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95% CI
春季						
平均温度	0.141	0.033	18.403	<0.001	0.868	0.814~0.926
降水量	0.691	0.225	9.385	<0.001	0.501	0.322~0.780
日照小时数	0.219	0.045	23.165	<0.001	0.804	0.735~0.878
常量	2.411	0.552	19.115	<0.001		
秋季						
最低温度	0.172	0.029	35.771	<0.001	0.842	0.796~0.891
降水量	0.424	0.177	5.712	0.017	0.655	0.463~0.927
日平均风速	1.020	0.460	4.922	0.027	0.361	0.147~0.888
年度	0.732	0.212	11.977	0.001	0.481	0.318~0.728
常量	2.908	0.749	15.077	<0.001		
冬季						
最高气压	0.146	0.032	20.780	<0.001	0.864	0.811~0.920
最小湿度	0.075	0.025	8.841	0.003	1.078	1.026~1.133
日平均风速	2.039	0.418	23.768	<0.001	0.130	0.057~0.295
日照小时数	0.162	0.079	4.146	0.042	0.851	0.728~0.994
常量	147.228	31.833	21.391	<0.001		
合计						
最高气压	0.104	0.042	5.992	0.014	0.901	0.830~0.980
最低气压	0.102	0.041	6.282	0.012	0.903	0.834~0.978
平均温度	0.268	0.030	81.335	<0.001	0.765	0.722~0.811
降水量	0.591	0.107	30.243	<0.001	0.554	0.449~0.684
日平均风速	1.101	0.228	23.207	<0.001	0.333	0.213~0.521
日照小时数	0.240	0.029	69.218	<0.001	0.786	0.743~0.832
季节	0.789	0.287	7.565	0.006	2.202	1.255~3.865
常量	203.348	24.144	70.935	<0.001		

3 讨论

2016—2018 年 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度达标天数占比年度间的差异无统计学意义 ($P>0.05$), $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度平均水平年度间差异有统计学意义 ($P<0.05$)。通过不同季节展开研究,西安市大气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情况呈现以下特点:(1) 冬季西安市大气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情况最为严重。冬季大气 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度达标天数的占比仅为 32.84%, 冬季 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度中位数为 $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 均显著高于其它三个季节; 春季 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度达标天数的占比和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度水平与秋季比较均无统计学差异; 夏季每日 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度均达标, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度中位数为 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 说明西安市冬季雾霾污染最为严重, 其次为春秋季节, 二元 logistic 回归方程显示冬季 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度超标的风险是春秋季节的 2.2 倍。主要原因与西安市的地形特征、冬季采取集中式供暖和冬季天气少风, 少雨雪^[10] 有关, 提示西安市要重视 $\text{PM}_{2.5}$ 污染问题, 应重点在冬季和春秋季节加强大气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染预警和防控工作。(2) 气象因素与 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度显著相关, 且不同季节影响 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度气象因素不同, 各气象因素对 $\text{PM}_{2.5}$ 超标风险的影响有所不同。春季气象因素对 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度变异解释度由大到小依次为降水量>平均温度>日照小时数>日平均风速; 夏季依次为降水量>最低温度; 秋季依次为最低温度>日平均风速>降水量; 冬季依次为最小湿度>日平均风速>最低温度。说明西安市不同季节影响 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度的气象因素种类不同、程度不同。综合各季节相关性分析、多重线性回归方程和二元 logistic 回归方程的结果, 影响各季节 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度的气象因素主要包括: 平均温度、最低温度、日照小时数、最高气压、日平均风速、降水量和最小湿度。二元 logistic 回归方程显示除最小湿度外, 其它气象因素对 $\text{PM}_{2.5}$ 超标情况都是保护因素 ($OR<1$)。冬季湿度的升高对 $\text{PM}_{2.5}$ 的预报起关键作用, 当无降雨空气相对湿度在 60%~80% 以下时, 颗粒物的二次生成作用较强^[5], 当空气湿度继续增加易形成降水, 降水通过惯性碰撞过程和布朗扩散作用, 捕获颗粒物和气溶胶粒子, 对空气中的颗粒物有冲刷作用^[11]。气温越高, 分子运动越强, $\text{PM}_{2.5}$ 扩散速率越快, 近地面空气中气溶胶粒子的浓度会随之降低^[12]。大风有利于颗粒物的转移扩散^[5]。整体来看, 大风、降水是各个季节最有效的降低大气 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的气象因素。(3) $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度越高的季节, 气象因素能够解释的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度变化和 $\text{PM}_{2.5}$ 超标风险的变异度越大, 说明在污染严重的季节受到气象因素的影响越大。

各季节多重回归线性回归分析调整后的 R^2 由高到低依稀为冬季>秋季>春季>夏季, 各季节二元 logistic 回归分析 R^2 由高到低依稀为冬季>秋季>春季。提示冬季强冷空气来袭, 出现湿度上升、无风少雨的天气时, 要积极做好雾霾的预警和个人防护。

本研究有一定的局限性, 本文通过回归方程的预测结果是基于以往的数据对未来开展预测, 大气 $\text{PM}_{2.5}$ 除受到气象因素的影响外, 还受到人为排放和自然环境变化等因素的影响, 如果上述因素发生较大变化, 一定要结合当时的实际环境情况对回归方程作出相应的调整。

综上所述, 西安市冬季大气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染较为严重, 可通过开展重点季节大气 $\text{PM}_{2.5}$ 的预警、风险评估与人群宣教^[13] 工作, 以降低大气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染对人群健康的影响。气象因素影响大气中 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度水平, 出现雾霾易发气象因素时, 应积极采取有针对性的 $\text{PM}_{2.5}$ 防控措施。

参考文献

- [1] 杨财平, 马蓓蓓, 余青, 等. 宜昌市 $\text{PM}_{2.5}$ 的污染特征及其风险评价[J]. 实用预防医学, 2017, 24(10): 1209-1212.
- [2] 严宙宇, 牟敬峰, 严燕, 等. 2017 年深圳市大气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染状况及其来源解析研究[J]. 实用预防医学, 2019, 26(10): 1172-1176.
- [3] 杜新黎, 李扬扬, 白慧莉, 等. 西安市环境空气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染现状及对策初探[J]. 中国环境监测, 2013, 29(6): 44-48.
- [4] Liu L, Yang X, Liu H, et al. Spatial-temporal analysis of air pollution, climate change, and total mortality in 120 cities of China, 2012-2013[J]. Front Public Health, 2016, 4: 143.
- [5] 张淑平, 韩立建, 周伟奇, 等. 冬季 $\text{PM}_{2.5}$ 的气象影响因素解析[J]. 生态学报, 2016, 36(24): 7897-7907.
- [6] 李漫, 高贵生, 贺晓东, 等. 本溪市大气主要污染物与气象因素相关性[J]. 中国公共卫生, 2018, 34(1): 127-130.
- [7] 卢小玲, 陆春, 龙莹, 等. 2014—2016 年柳州市环境空气质量及污染物特征分析[J]. 现代预防医学, 2017, 44(20): 3677-3681.
- [8] 易星月, 刘春香, 杨敏, 等. 成都市城区居民对雾霾天气知识行为及态度的调查与分析[J]. 实用预防医学, 2016, 23(5): 578-580.
- [9] 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. 环境空气质量标准: GB 3095-2012 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-6.
- [10] 王军, 许项发. 西安雾霾成因分析及对策建议[J]. 新西部, 2014(32): 49-50.
- [11] Han LJ, Zhou WQ, Li WF, et al. Impact of urbanization level on urban air quality: a case of fine particles ($\text{PM}_{2.5}$) in Chinese cities[J]. Environ Pollut, 2014, 194: 163-170.
- [12] 林承勇. $\text{PM}_{2.5}$ 浓度影响因素的探究[C]. 2016 中国环境科学学会学术年会论文集(第 3 卷). 北京: 中国环境科学学会, 2016: 7.
- [13] 曾斤日, 郭仲琪, 姚云峰. 深圳市宝安区 2013 年 10 月—2015 年 9 月期间空气 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情况分析及其趋势预测[J]. 现代预防医学, 2017, 44(5): 797-800.