

呼和浩特一氧化碳中毒气象条件 主成分分析

谷新波 司瑶冰 杨武杰

(内蒙古气象科技服务中心, 呼和浩特 010051)

提 要: 对呼和浩特 2000 年 11 月至 2001 年 2 月一氧化碳中毒事件发生期间的大气稳定性、温度、风速、气压、湿度等气象条件进行了主成分分析, 前 3 个主成分的累计贡献率达 83.48%。经分析知, 与一氧化碳中毒事件发生相关的重要气象因子为: 近地层大气稳定性与相对湿度(即第一主成分, 其贡献率为 44.74%)、日最高与最低温差和地面风速(即第二主成分, 其贡献率为 25.69%)、24 小时变压(即第三主成分, 其贡献率 13.3%)。

关键词: 一氧化碳中毒 气象条件 主成分分析

引 言

一氧化碳(CO)中毒又称为煤气中毒, 主要是指一氧化碳(CO)与血红蛋白生成碳氧血红蛋白, 造成肌体急性缺氧血症, 导致昏迷及死亡, 并有严重的急性一氧化碳(CO)中毒神经系统后遗症。在燃煤生活的民居环境中, 总会产生一定量的一氧化碳气体, 在不利的气象条件下一氧化碳浓度会急剧升高且难以逸散, 加之人们的防范意识不强和措施不力, 造成室内一氧化碳(CO)中毒引起的意外伤害事件屡见不鲜。据报道, 呼和浩特市 2006 年冬季一氧化碳中毒事件多达 8 起, 造成 31 人一氧化碳中毒, 14 人死亡。

烟囱抽力、室内通风、炉火不旺等与气象条件密切相关, 尤其是在冬季北方燃煤取暖地区, 而目前国内煤气中毒潜势预报与气象条件关系的研究还不多, 尚没有成熟的预

报模式。因此对呼和浩特地区一氧化碳(CO)中毒事件期间气象条件分析以及气象条件潜势预报模式的研究势在必行。在居室条件和燃煤取暖方式不能彻底改善的情况下, 向公众开展一氧化碳(CO)中毒气象条件潜势预报服务, 提高社会公众的警惕意识, 减少一氧化碳(CO)中毒事件发生和减轻中毒意外伤害程度具有重要意义。本文采用主成分分析法对呼和浩特地区一氧化碳(CO)中毒事件发生期间的气象条件进行了客观分析, 为进一步开展一氧化碳(CO)中毒气象条件潜势预报服务提供了参考依据。

1 资料与方法

呼和浩特市地处高寒区, 冬季气温较低, 燃煤取暖相当普遍, 因此选取呼和浩特市一氧化碳(CO)中毒事件资料样本时段为 2000 年 11 月至 2001 年 2 月, 样本总数为 35。

取与一氧化碳 (CO) 中毒事件发生期对应的地面和探空气象资料包括：当日 08 时逆温层温度差 (T_1)、当日 20 时逆温层温度差 (T_2)、当日最高最低温度差 (T_0)、当日地面平均风速 (U)、24 小时变压 (P_0)、当日平均相对湿度 (S_0) 等。

主成分分析是一种以量测数据表正的多因素多变量问题的统计分析方法，是研究相关变量共同关系的技术。该方法不需要有关待分析样本变量的先验信息，根据样本变量主成分权重系数，提供有关数据结构的基本特征。得分相近的样本应视为同类，权系数相近的变量视为相关，对主成分贡献大的变量其影响程度也大^[1]。它把给定的一组相关变量通过线性变换转成另一组不相关的变量，这些新的变量按照方差依次递减的顺序排列。在数学变换中保持变量的总方差不变，使第一变量具有最大的方差，称为第一主成分，第二变量的方差次大，并且和第一变量不相关，称为第二主成分。依次类推， i 个变量就对应有 i 个主成分，其中 L_i 为 p 维正交化向量 ($L_i \times L_i = 1$)，主成分 Z_i 之间互不相关且按照方差由大到小排列，分别依次被称为变量 X 的第一、第二…第 i 个主成分。设变量 X 的协方差矩阵为 Σ ，求特征值 λ_i (按从大到小排序) 及其特征向量，可以证明， λ_i 所对应的正交化特征向量，即为第 i 个主成分 Z_i 所对应的系数向量 L_i ，而 Z_i 的方差贡献率定义为 $\lambda_i / \sum \lambda_i$ ，通常要求提取的主成分的数量 k 满足 $\sum \lambda_i / \sum \lambda_j > 0.80$ 。

2 一氧化碳 (CO) 中毒气象条件主成分分析

2.1 原始数据标准化

由于选取的气象因子变量的量纲不同，

如果不进行标准化，前面几个主成分可能只是反映方差较大的变量的情况，而不能反映所有变量的信息，为了消除变量间量纲关系对变量在分析中的影响，对原始数据进行标准化处理，数据标准化公式为^[2]：

$$X_i^* = \frac{X_i - \bar{X}}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$$

式中： X_i^* 为样本标准化值； X_i 为样本的初始值； \bar{X} 为样本初始平均值； n 为样本数 35。

2.2 主成分分析

借助 SAS 统计软件^[3,4]，采用主成分分析法对所选样本标准化数据（数据列表略）进行分析，得到一氧化碳 (CO) 中毒事件气象条件因子相关阵的特征值、贡献率、累计贡献率（表 1）。

表 1 特征值、贡献率、累计贡献率

	特征值	贡献率	累计贡献率
第一主成分	2.68482	0.44747	0.44747
第二主成分	1.54166	0.256943	0.70441
第三主成分	0.78213	0.130855	0.83477
第四主成分	0.52375	0.087292	0.92206
第五主成分	0.24308	0.040513	0.96257
第六主成分	0.22456	0.037427	1.00000

从表 1 可知：第一主成分权重最大，贡献率为 44.74%，是最重要的气象条件因子，第二主成分贡献率为 25.69%，表现为次要气象条件因子，第三主成分贡献率为 13.03%，三者累计贡献率达到 83.48%，说明第一主成分、第二主成分和第三主成分就可以代表一氧化碳 (CO) 中毒事件发生期间气象条件 83.48% 的原始信息。

用 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 分别代表第一、第二、第三主成分，计算分析得到各气象条件因子的特征向量（即权重系数），进而得到样本

标准化数据主成分表达式为:

$$Z_1 = 0.458552X_1 + 0.453330X_2 - 0.209530X_3 - 0.383838X_4 + 0.344555X_5 + 0.523708X_6$$

$$Z_2 = -0.377255X_1 - 0.091969X_3 + 0.707538X_3 - 0.533839X_4 + 0.131057X_5 + 0.215521X_6$$

$$Z_3 = -0.004835X_1 + 0.396599X_2 - 0.025882X_3 + 0.221179X_4 - 0.886588X_5 - 0.084011X_6$$

2.3 结果分析

相对于第二、第三主成分, 第一主成分中各特征向量数值差异不大, 可以做为一氧化碳(CO)中毒事件发生气象条件的综合指标。如图1, 第一主成分中相对湿度 S_0 和反映大气稳定度的 T_1 、 T_2 表现为相对较大的正贡献, 说明相对湿度增大、大气层结稳定, 是可能造成一氧化碳(CO)中毒事

件发生的气象条件因子; 而风速(U)表现为负的贡献, 风速的增加可以使聚积的一氧化碳浓度扩散和稀释, 降低一氧化碳(CO)中毒事件发生的几率。第二主成分中气温日较差(T_0)正贡献非常明显, 这是由于秋、冬季冷高压控制时气温日较差大, 夜晚易出现逆温, 容易引发一氧化碳中毒事件。而这里风速同样表现为负的贡献, 与在第一主成分中的作用表现为一致。24小时变压(P_0)在第三主成分中有显著负贡献, 表明风速大、明显的气压变化可有效抑制一氧化碳中毒事件的发生, 反之, 小风和稳定的高气压或低气压控制该地区时易引发一氧化碳中毒事件发生。同时 T_2 对一氧化碳中毒事件发生表现为正贡献, 但是第三主成分本身贡献率仅为 13%, T_2 的权重系数仅为 0.396, 相比 24 小时变压(P_0)权重系数—0.886, 影响相对比较微弱, 故此可把第三主成分归纳为气压变化因子。

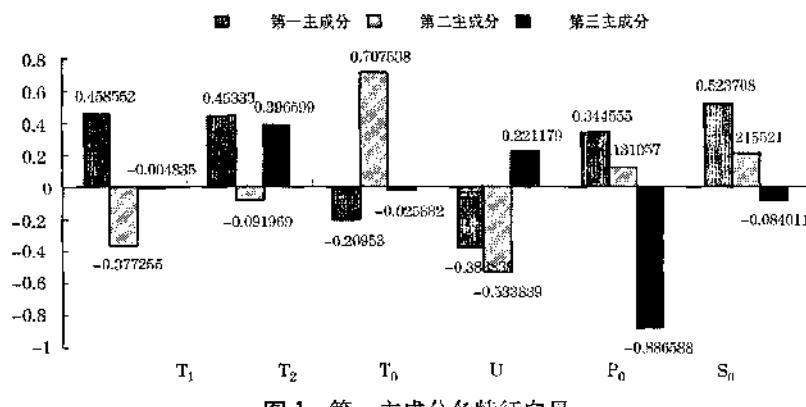


图1 第一主成分各特征向量

为了使用方便, 可将用标准化数据表达的主成分表达式转换成用原数据表达的形式。表2为一氧化碳(CO)中毒事件发生气象条件主成分分析的气象因子平均值和标准差。

把原始数据和以上数据代入公式: $X_i^* = (x_i - \bar{X})/S$, 其中, X_i^* 为标准化数据, x_i

表2 气象条件因子的平均值和标准差

	平均值	标准差
T_1	-0.270441121	0.961618672
T_2	0.564763261	0.819549482
T_0	0.948488083	0.271865149
U	0.961343250	0.220538805
P_0	-0.247794408	0.967880151
S_0	0.736223625	0.664855512

为样本的初始值, X 为平均值, S 为标准差。然后再分别代入 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 得到原始数据主成分表达式为:

$$Z_1 = 0.4769x_1 + 0.5531x_2 - 0.7707x_3 - 1.7405x_4 + 0.356x_5 + 0.7877x_6$$

$$Z_2 = -0.3923x_1 - 0.1122x_2 + 2.6025x_3 - 2.6025x_4 + 0.1354x_5 + 0.3242x_6$$

$$Z_3 = -0.2812x_1 + 0.6891x_2 + 3.4888x_3 + 4.3591x_4 - 0.256x_5 + 1.1073x_6$$

3 小 结

经呼和浩特市一氧化碳中毒事件发生期间的大气稳定度、温度、风速、气压、湿度等气象因子主成分分析得知, 前三个主成分累计贡献率达到 83.48%, 其所表达的综合信息已经能够用以表述一氧化碳中毒事件发生的气象条件信息。第一主成分为大气稳定性度和相对湿度, 表明大气层结稳定、相对湿度大, 容易引起一氧化碳中毒事件的发生; 第二主成分为日最高最低气温差和地面风

速, 气温日较差大、低层有逆温、地面风速越小、越容易使一氧化碳气体聚积, 进而引发中毒事件灾害发生; 第三主成分为气压因子, 24 小时气压变化小即稳定的低气压或高气压控制, 也是容易造成一氧化碳中毒事件发生的重要气象条件之一。依据这三项因子建立相关关系并建立预报模型, 为制作一氧化碳中毒气象条件潜势预报提供科学的依据。

参考文献

- [1] 张晓煜, 张 磊, 等. 宁夏枸杞炭疽病发生流行的气象条件分析 [J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25 (1): 181-183.
- [2] 刘庚山, 郭安红, 安顺清. 流行性感冒爆发气象条件主成分分析 [J]. 气象科技, 2002, 30 (6): 341-343.
- [3] 胡良平. 现代统计学与 SAS 应用 [M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2000.
- [4] 裴喜春, 薛河儒. SAS 及应用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 158-162.