

(工程硕士)



浙江工业大学

硕士学位论文

论文题目： 湖州市大气污染对人体健康影响研究

作者姓名 顾建祥

指导教师 何志桥 教授

企业导师 汪文斌 高级工程师

学科专业 环境工程

所在学院 生物与环境工程学院

提交日期 2015 年 04 月 18 日

Dissertation Submitted to Zhejiang University of
Technology for
Project Master's Degree of Engineering

**Effects of Air Pollution on Public Health in Huzhou,
Zhejiang Province**

College of Biological & Environmental Engineering,
Zhejiang University of Technology, 310032, China

April 2015



浙江工业大学

学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的研究成果。除文中已经加以标注引用的内容外，本论文不包含其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果，也不含为获得浙江工业大学或其它教育机构的学位证书而使用过的材料。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人承担本声明的法律责任。

作者签名：邵建祥

日期：2015年6月3日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权浙江工业大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

1、保密□，在_____年解密后适用本授权书。

2、不保密□。

(请在以上相应方框内打“√”)

作者签名：邵建祥

日期：2015年6月3日

导师签名：何志华

日期：2015年6月3日

湖州市大气污染对人体健康影响研究

摘要

随着科技的不断发展进步，人口数量的迅速增长，我们在促进生产水平、推进经济的发展和提升生活水平的同时，也对环境造成的极大的伤害，环境污染问题也日益严重，环境成本也飞速增加。尤其是诸如现在的雾霾等城市大气污染问题，给我们的身心健康和社会稳定造成了严重的伤害。目前，各国人民对城市污染问题都给予了高度重视。

本文在分析了湖州市如 SO_2 、 PM_{10} 和 NO_2 等主要大气污染物的相关特性，及其对人们所造成的损伤的基础上，根据控制长久趋势、“星期几效应”和气象因素等多因素影响，对湖州市的大气污染物和人体健康的暴露-反应关系进行了剖析，并且利用时间序列半参数广义相加模型(GAM)，建立了年龄、性别和疾病类型的模型，对湖州市大气污染所造成的市民健康损失情况进行了定量的评估。这一结果对于当地政府来说，为构建市民健康对大气污染敏感预警制度、相应的应对措施以及对易感人群的保护工作有了相应的理论基础。

与此同时，研究成果还显示：湖州市大气污染物 SO_2 和 PM_{10} 浓度在研究期间，大致显示一个逐年下降的态势，且湿季低于干季，即夏秋低于冬春。高峰期出现在十二月到来年的五月左右，这表明 PM_{10} 主要来自于春季的沙尘暴和冬季燃煤取暖的影响。冬季 SO_2 浓度相对较高，呈现典型的 U 型年变化趋势，这表明 SO_2 主要来自冬季燃煤取暖的影响。而 NO_2 浓度的变化较为微小，无论是在年际变化、年变化还是季节变化，基本都表现为湿季低于干季。相关数据显示，当 SO_2 、 PM_{10} 和 NO_2 的浓度增加时，福州市居民呼吸系统疾病日入院人数的危险性也相应增加。上述三种大气污染物的浓度每增加 10 pg/m^3 时，各类呼吸系统疾病日入院人数危险性的变化如下：呼吸系统疾病全人群的增长分别为 0.7%、0.5%和 3.4%；URTI 全人群的增长分别为 1.3%、0.7%和 7.1%；患肺炎全人群的增长分别为 1.6%、1.0%和 8.1%；COPD 全人群的增长分别为 2.9%、0.3%和 15.9%（注： PM_{10} 对 COPD 全人群的影响缺乏统计学意义）。在性别层面，女性受到大气污染的影响较之男性要大。在年龄层面，针对 COPD 疾病，不到 65 岁人群所受影响明显比大于 65 岁的影响要大，而针对 URTI 与肺炎疾

病，大于 65 岁人群遭受的影响明显大得多。同时我们也发现，湖州市大气污染也在一定程度上影响着居民的心脑血管疾病日入院人数。当 SO_2 、 PM_{10} 和 NO_2 浓度每增加 10 pg/m^3 ，其各类人群日入院人数影响如下：心脑血管疾病人群会的增长分别为 0.4%、0.5%和 3%（注： SO_2 和 NO_2 对心脑血管疾病全人群的影响缺乏统计学意义）；IHD 全人群的增长分别为 1.3%、1.1%和 3%（注： NO_2 对 IHD 全人群的影响缺乏统计学意义）；高血压全人群会分别增长 0.8%、1.8%和 10.7%；脑卒中全人群增长分别为 2.1%、1.3%和 10.5%。针对 IHD，大于 65 岁的人群会受到更大的影响，而针对高血压和脑卒中疾病来说，不到 65 岁人群所遭受的危害更大些。

本文研究显示，湖州市大气污染在一定程度上对人们的健康造成了伤害，居民患上呼吸系统和心脑血管疾病入院人数随着大气污染物浓度的增加而相应提升，而在疾病类型、性别和年龄层面表现出不同程度的差异性。

关键词：大气污染；时间序列；呼吸系统疾病；心脑血管疾病；入院人数

Effects of Air Pollution on Public Health in Huzhou, Zhejiang Province

ABSTRACT

With the continuous development and progress of science and technology, the rapid growth of population in promoting our production level, promote the development of economy and improve living standards at the same time, also caused great damage to the environment, environmental pollution problem is increasingly serious, environmental costs also increase rapidly. Especially in the urban air pollution problems such as the fog, to our physical and mental health and social stability caused serious damage. At present, the people of all countries to city attaches great importance to are backed by the problem of pollution.

Based on the analysis of the main atmospheric pollutants such as SO_2 , NO_2 and PM_{10} of relevant features in the huzhou city, and its damage to people, on the basis of long-term trends, according to the control "week effect" and meteorological factors in multiple factors, such as air pollution and human health of huzhou exposure - reaction relationship is analyzed, and the use of time sequence semiparametric generalized additive model (GAM), age, gender, and disease types of model is established, the public health caused by the loss of air pollution in huzhou city has carried on the quantitative assessment of the situation. The results for the local government, to build health is sensitive to atmospheric pollution early warning system, and the corresponding measures and the protection of vulnerable groups to work with the corresponding theoretical

At the same time, the research results also show that atmospheric pollutants SO_2 and PM_{10} concentration during the study period in Huzhou city, generally showed a downward trend year by year, and the bright warm period is lower than the heating period, the summer and fall below the winter and spring. Peak appeared in

December next year in May, suggesting that PM_{10} mainly comes from the spring dust storms and winter coal-fired heating effect. Winter SO_2 concentration is relatively high, presenting a typical U change trend, which suggests that the influence of SO_2 come mainly from coal to keep warm in winter. And the concentration of NO_2 change is relatively small, in both the seasonal and annual change or interannual variations, basically characterized by the heating period is lower than the bright warm period. Relevant data show that when the concentration of SO_2 , NO_2 and PM_{10} increases, the respiratory system disease of fuzhou residents admissions risk also increases accordingly. The above three kinds of air pollutant concentration increase $10mg/m^3$, all kinds of respiratory disease, the number of hospital risk change is as follows: the respiratory system disease of the whole population growth of 0.7%, 0.5% and 3.4% respectively; URTI all population growth in 1.3%, 0.7% and 7.1% respectively; Pneumonia of the whole population growth are 1.6%, 1.0% and 1.6% respectively; COPD of the whole population growth of 2.9%, 0.3% and 15.9% respectively (note: the influence of PM_{10} all people with COPD lack of statistical significance). In the aspect of gender, the female is affected by the atmospheric pollution bigger than men. At the age level, in view of the disease, COPD affected obviously by less than 65 people aged is bigger than the influence of more than 65 year old, for URTI and pneumonia disease, more than 65 people aged suffer much more obviously. Huzhou city, at the same time, we also found that atmospheric pollution to a certain extent, also affect the residents of disease of heart head blood-vessel, admissions. Each increased when the concentration of SO_2 , NO_2 and PM_{10} $10mg/m^3$, its all kinds of people, admissions effect is as follows: the growth of the disease of heart head blood-vessel crowd will are 0.4%, 0.5% and 0.4% respectively (note: SO_2 and NO_2 influence cardiovascular and cerebrovascular diseases all people lack of statistical significance). IHD of the whole population growth of 1.3%, 1.1% and 3% respectively (note: the influence of NO_2 on the people of IHD all lack of statistical significance). High blood pressure, all people will be increased by 0.8%, 1.8% and 0.8% respectively; Whole stroke population growth of 2.1%, 1.3% and 10.5% respectively. IHD, for more than 65

year old people are influenced by the larger, and for high blood pressure and stroke disease, less than 65 year old suffered harm bigger crowd.

This paper, according to a study in fuzhou air pollution to a certain extent, the harm to the health of people, people suffering from respiratory and cardiovascular disease in hospital number increased with the increase of air pollutant concentration corresponding to ascend, and in the disease type, gender, and age levels showed different degrees of difference.

Key words: Air pollution; Time series; Respiratory diseases; Cardiovascular diseases; Hospitalization

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	III
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	2
1.2.1 理论意义	2
1.2.2 实践意义	3
1.3 国内外研究现状	3
1.3.1 国外研究现状	3
1.3.2 国内相关研究进展	4
1.3.3 存在的问题	5
1.4 研究方案	6
1.4.1 研究内容	6
1.4.2 技术路线	6
第二章 湖州市大气污染特征分析	8
2.1 资料与方法	8
2.1.1 资料来源	8
2.1.2 评价标准	8
2.2 研究区域概况	8
2.2.1 地理位置	8
2.2.2 地形地貌	9
2.2.3 气象条件	9
2.2.4 行政区域和人口概况	9
2.2.5 能源结构	10
2.3 大气污染特征分析	10
2.3.1 大气污染年际变化规律	10
2.3.2 大气污染季节变化规律	11
2.3.3 大气污染物月变化规律	12
2.3.4 大气污染物不同时期变化规律	13
第三章 大气污染对呼吸系统疾病日入院人数的影响	15
3.1 资料与方法	15
3.1.1 疾病资料	15

3.1.2 大气污染资料	15
3.1.3 气象资料	15
3.1.4 分析方法	15
3.2 结果分析	17
3.2.1 描述性分析	17
3.2.2 大气污染与呼吸系统疾病的模型拟合结果.....	19
3.3 讨论	28
3.4 小结	30
第四章 大气污染对心脑血管疾病日入院人数的影响	31
4.1 资料与方法	31
4.1.1 疾病资料	31
4.1.2 大气污染资料	31
4.1.3 气象资料	31
4.1.4 分析方法	31
4.2 结果分析	31
4.2.1 描述性分析	31
4.2.2 大气污染与心脑血管疾病的模型拟合结果.....	32
4.3 讨论	40
4.4 小结	43
第五章 结论与展望	44
5.1 结论	44
5.2 展望	45
参考文献	46

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

随着十八世纪工业革命中，对蒸汽机的发明和大面积推广，全世界的工业水平得以迅速提升，同时也给城市带来了严重的大气污染问题。到二十世纪特别是中叶时期，由于石油这种新型化石燃料的大范围开采和使用，使得大气污染问题面临着更为严峻的挑战。在城市大气污染的影响下，大量人口在短时间内发病甚至死亡的公害事件时有发生，这就给向我们敲响了一遍遍的警钟^[1-2]。其中最为著名的，要数这个时期内爆发的诸如 1930 年的比利时马斯河谷事件、1948 年的美国多诺拉烟雾事件、1952 年的英国伦敦光化学烟雾事件以及 1961 年的日本四日市哮喘事件等所谓“八大公害事件”。主要表现为各类疾病和过早死亡的，来自城市大气污染的人类健康危害，以及造成各种损失对我们社会和经济的推进形成了严重的阻碍作用，是各国面对环境污染时最让人关注的焦点问题之一^[3]。查看各国城市发现，可能会有十六亿的人身处高浓度 SO_2 以及悬浮颗粒物形成的污染空气中，而身处城市严重污染空气中的人数超过亿计。每年因此过早死亡的有几十万人，而更多的是因此而患上了不同程度的急、慢性疾病。根据国内外相关数据显示，因此而造成高达 3%~10% 的城市国内生产总值的直接或间接经济损失^[4]。

在中国境内，其大气污染形势非常严峻。据统计，我国是世界上大气污染物排放量最大的几个国家之一，2005 年各项大气污染物的排放量分别如下：二氧化硫 2549.3 万吨，包括 380.9 万吨的生活排放和 2168.4 万吨的工业排放；烟尘 1182.5 万吨，包括 233.6 万吨的生活排放和 948.9 万吨的工业排放^[5]；工业粉尘 90.2 万吨。根据世界银行相关调查数据显示，我国城市空气中的 SO_2 、悬浮颗粒物浓度严重超标，达到 WHO 标准的 2~5 倍。虽然我国在经济发展上面取得的成绩是举世闻名的，但为了避免以环境为沉重代价作为交换，我们需要杜绝走上“先污染后治理”的西方国家老路^[6]。因地制宜，找过高效实用的大气污染治理措施，以可持续发展为目标，从根本上解决问题。而要达成此目标，就必须从经济学的角度对控制各项大气污染及治理措施进行评估，而本课题的研究，为进行经济评价提供了前提和基础。通过相关资料显示，人体健康、农

业及酸雨的形成是城市大气污染的主要结果，而其中对人体健康的伤害最大。现阶段，因城市大气污染患上的呼吸系统疾病，成为引发我国人员死亡的首要因素。

人体健康遭受大气污染的伤害是及其复杂的过程。目前，一个热门研究课题就是：对两者之间的关系进行定量研究并得出其健康损失，这也受到国际上的重视^[6-7]。从环境毒理学、环境卫生学等角度出发，利用经典流行病学方法和数理统计模型，学者们对进行了一系列的研究。虽然我国学者也取得过一些成绩，但由于缺乏这方面的系统经济学研究基础，只能借鉴国外的研究成果，而忽略了国内外人口在疾病史和生活方式、经济构造等的差异性^[8-9]。本课题在结合国外相关研究成果，对城市大气污染对健康损害的计算原理和策略进行了研究，并以湖州市为研究对象，试图建立具有国际标准和可比性的应用模型。这也对湖州市进行城市大气污染对人体健康造成相关损失的研究，提供了理论基础。

1.2 研究意义

1.2.1 理论意义

(1) 现阶段，各国都在相继进行 SEEA，即环境经济一体化核算的相关探索工作，把自然资源和环境因素也归入国民经济的环境经济之中，而我国国家发改委及统计局也在逐步推动绿色国民经济的核算工作。本文进行的城市大气污染造成人体健康相关损失的评估探讨，可作为环境资源经济化核算的一项基础工作。

(2) 本课题对城市大气污染的加强管控，相关治理措施的高效实施，削减疾病的发生及死亡率等的方法的探索，提供了相应的参考依据。

(3) 本课题进行详尽的城市大气污染对人体健康酿成的损害研究，符合高效管控城市大气污染问题及相关治理策略的提出，和实现城市可持续发展战略的需求。

(4) 本课题经过对湖州市的具体研究，是对相关理论知识和策略的实例实践，这对下一步进行不同区域乃至全国的此类研究来说，都具备相应的参照价值。

1.2.2 实践意义

(1) 本课题搭建的理论框架，在潮州市的实践过程中得以应用，具有现实指导作用。研究成果不仅得到了潮州市大气污染物的相关特性，同时也对其造成的健康和经济损失、探索高效实用的管控和治理策略、促进社会经济和环境的和谐可持续发展战略，具备一定的现实和指导意义。

(2) 本课题是一项探索性和开创性的研究，具有对相关领域进行一系列的现实补充作用。此外，也为相关学者进行类似研究的开展指明了方向。

1.3 国内外研究现状

1.3.1 国外研究现状

采用人力资本法，Ridker 对美国在 1958 年由于大气污染问题引发的疾病及死亡所造成的经济损失进行了分析。研究显示，当年美国产生了 802 亿美元的治理大气污染健康效益。此项研究开辟了计算与评估大气污染带来健康经济损失的先河。由于工业化和城市化的不断推进，造成各项大气污染物的排放量一路攀升，城市空气日益糟糕，人们的健康问题也越来越严峻，带来的经济损失也越来越大。因此，此项问题引起了世界上越来越多的国家和组织的关注，在进行了大气污染-健康关系研究的基础上，计算其健康经济损失，成为评估环境政策的相关凭证^[11]。通过美国肺病协会 1985 年的调查发现，美国的大气污染造成了高达 160 亿美元的直接医疗费用，240 亿美元的因病造成生产效率降低间接损失的健康经济损失。参照美国国家空气质量标准，统计其规定的 6 种污染物显示，其造成的经济损失高达 400 亿美元。在世界银行对发展中国家进行大气污染治理，得到的健康效益相关报告中表明，假如曼谷在 1994 年减少五分之一的 SO_2 、铅颗粒物和 O_3 污染，可得到的健康效益为人均 96.402 美元^[12-13]。2000 年，根据安大略省^[14]的相关计算表明，每年城市大气污染所造成的健康经济损失高达 100 亿美元左右，包括 4 亿美元的生命损失，48 美元的生命质量损失，6 亿美元的因大气污染造成的医疗保健成本以及 5.6 亿美元的生产力损失^[15]。

国外进行的长时期的、全面系统的研究显示，大气污染会带来极其严重的健康经济损失，在世界各国和组织的共同努力下，相关研究理论和方法逐步趋于完整和标准化，使得不同的研究成果在理论层面具有了可比性^[16]。根据这几

年的研究资料来看，疾病成本的增加、生命质量的损失、早死的损失和生产力降低的损失，是大气污染造成的健康损失的主要来源。大气污染的不同类型造成的健康损失存在着相应的差异性。查阅的相关研究资料显示： PM_{10} 、 SO_2 主要会引起住院病人的增多，同时它们也关系着门诊及急诊病人的数量，当然，其浓度与暴露时间也会有相应的影响； PM_{10} 是造成急性、慢性和呼吸症状疾病的主要来源； SO_2 会引起哮喘，而铅则会导致智力下降等症状^[17]。综上所述，颗粒物、 SO_2 对健康造成的损伤较大，而 NO_2 造成的损伤就相对较弱。于此同时，美国相关研究显示，颗粒物造成的损伤比 SO_2 更高，尤其是微小颗粒的 PM_{10} 和 SO_2 ^[18]。

1.3.2 国内相关研究进展

每年，我国对大气污染的损失主要是集中在宏观方面。在上世纪八十年代，就有相关学者对大气污染的经济损失进行了研究，通过相关公式定量计算，但是大多数的计算方式都是讲各个损失结果加在一起得到最终结果，在某些方面来说，这种算法是不全面的，具有局限性^[19-20]。

目前，国内大气污染较为严重，对其产生的损失研究也逐渐受到各方面的专家和相关机构的青睐。通过多年的研究和分析，取得了一定的成果，对我国目前的污染程度有了深刻了解，同时这些数据也对当今社会以及公众起到警示作用^[21]。我国处于发展中国家，经济发展较快，与此同时，环境污染也较为严重，对人们的健康威胁也较大，而在欧美等西方发达国家，这种污染明显小于我国。比如，在美国其大气污染危害数值不到全国国民生产总值的百分之一，而且每年都在减少，相反在我国，不但没有减少反而年年增大。不仅危害的是中国人，对世界环境来说也具有危害性，因此世界银行对中国的经济能源提出了相关建议，促进我国的经济发展和进步，同时也相应的降低了对大气污染的指数，并出具了相关损失报告。报告显示了近年来我国的由于空气和水污染造成的损失。同时采用相关评价方法对污染进行评估——支付法^[22]。美国愿意支付的中等估计值是大约是 300 美元/人。根据此方法，按照人民币兑美元的汇率计算，得出的结果是对于城镇人口，愿意支付 6 万美金，约是美国的 200 倍，而对于农村人口，却只有 3 美左右，是美国的百分之一。而我国采用的是人力法，结果为城镇人口不到 100 美金/人，而农村去接近五千美金/人，这包括过

早死亡引起的损失^[23]。由此可见，二者算法相差很大，据统计，支付法结果是140 亿/年，而人力法却只有其七分之一，即 20 亿/年^[24]。

表 1-1 不同方法对中国大气污染成本评估的比较（单位：百万美元）

环境污染损害	支付意愿估值	人力资本估值
城市大气污染	32343	11271
早亡	10684	1579
发病率增加	21659	9674
活动受限天数	3842	3842
慢性支气管炎	14092	2107
其他健康影响	3725	3725

资料来源：世界银行（2012）。

国内诸多专业人员针对城市的空气环境污染问题对居民身体健康方面的影响做了较为深入全面的调研，结果表明：从统计学角度来说，空气中的颗粒物浓度和粒径与对健康状况的作用之间有着正相关联。XU 针对北京及沈阳市两地的社区进行大气污染与日死亡率的关联性方面的调研^[25]。从北京的相关数据表明，当空气中二氧化硫的浓度增涨 1 倍时，人口死亡率普遍上涨超过十个百分点，而总悬浮颗粒的浓度增高 1 倍时，相应的死亡率上涨约 4%。而造成这么高的死亡率的主要因素是，大气污染引发的呼吸疾病致死量上涨了近四成，此外还有引发的肺心方面的疾病也相应的上涨。彭瑞聪等人^[26]对重庆市区就大气污染与发病致死比例的联系也进行了分析，表明浓度增高 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相应的致死和住院人数均有大幅度上涨。重庆市约有三成的人均存在呼吸方面的病，依据相关研究表明，因为 SO_2 的含量增高，引发国内相关肺病死亡率占总死亡率的 25%^[27-29]。也就是说一个城市存在每年三百例由大气污染而致死的情况，而这样的城市在国内平均十个城市中就有一个。夏光针对国内环境污染所带了的经济损失的方面进行了长期的调研，在 1992 年，仅大气污染一项所引发的健康损失就达十亿元，是全部调研内容中数额最大的。还有很多研究者这这方面进行了调研显示，大气污染是国内所有污染问题中引发经济损失最严重的一项。此外，它与其所引发的各种疾病以及致死率存在正比关联^[30]。

1.3.3 存在的问题

通过国内众多研究者和相关机构组织的协作，针对环境污染引发的经济损失在定量分析的研究方法上，已经建立了相关衡量与计量的体系。但是该体系在数据的准确性、结论的全面性和分析等方面尚不够完善，一般推得的估计值都与实际值有一定的差异。尤其是，大部分研究都是注重于水污染方面的衡量与计算，忽略了对大气污染引发的健康损失方面的评价与计量，这可以从相关的分析项目和方式，以及相关的数据材料等方面观察到。不仅对该方面的调研较少，而且其调研的结论的真实性，全面性以及有效性方面都存在一些不足和缺失。具体的来说，从调研内容方面来看，大气污染引发的生命质级的损失还没有进行相关的调研，不管是因为何种因素影响，都不能忽视它的重要性和意义；从具体的方法来看，国际上通常采用支付愿意法，但国内由于研究的比较晚，与国际方面缺乏有效的经验交流。现在，国内在该方面的调研水平等方面尚存在诸多不足与缺陷，还需要向国外汲取经验，同时加强国内在该方面的研究力度。

1.4 研究方案

1.4.1 研究内容

(1)采集 2010 年 1 月 1 日—2012 年 12 月 31 日期间的湖州市每日的气象、大气污染和疾病方面的材料，运用 GAM 构建大气污染与呼吸系统、心脑血管疾病日住院数的模型，利用非参数平滑巧妙地管理干扰影响，也就是在时间数据中存在的长期方向、星期影响、气象条件等。因为研究的是大气污染的短期健康影响，所以把延迟影响也纳入研究内容，按照 AIC 最小原则挑选最佳模型研究暴露-反应的联系。

(2)定量衡量湖州市大气污染情况的变化对人呼吸系统与心脑血管疾病日住院数的关系，同时对日住院数根据性别（男、女）、年龄（5 岁、15-65 岁、≥65 岁）和疾病种类（呼吸系统疾病、心脑血管疾病）进行分类。

1.4.2 技术路线

根据汇集的材料来构建模型，针对大气污染对健康的作用进行定量研究。具体思路如下图 1-1 所示。

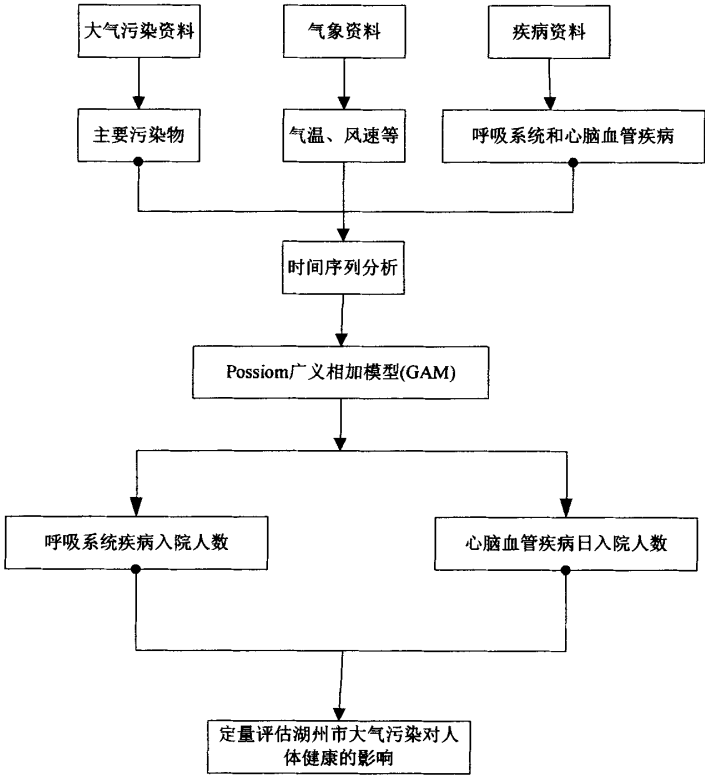


图 1-1 技术路线

第二章 湖州市大气污染特征分析

湖州市具有悠久的历史 and 特殊的地理环境，使得该市的大气污染具有一定的地域特征性^[25-27]，所以，本文对其进行调研分析拥有一定的代表性和重要意义。

2.1 资料与方法

2.1.1 资料来源

由湖州市环境监测站提供的相关资料包括 2002 至 2013 年该市的大气污染物 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 的质量浓度。其中，2002~2006 年只涉及三种污染物的年平均质量浓度，而 2006~2013 年涉及这三种污染物的月、季节、年、干季、湿季五类平均质量浓度。

2.1.2 评价标准

根据《环境空气质量标准》(GB3095—1996)中规定的标准浓度范围对三类污染物分别进行衡量。本文调研区域内空气环境质量是以国家二级质量标准为依据的，具体如下表 2-1 所示。

表 2-1 环境空气质量标准 (mg/m^3)

污染物名称	取值时间	一级标准	二级标准	三级标准
PM_{10}	年平均	0.04	0.10	0.15
	日平均	0.05	0.15	0.25
SO_2	年平均	0.02	0.06	0.10
	日平均	0.05	0.15	0.25
NO_2	年平均	0.04	0.04	0.08
	日平均	0.08	0.08	0.12

2.2 研究区域概况

2.2.1 地理位置

该市位于处于浙江省北部，紧靠杭州、嘉兴，与苏州以及无锡之间隔一个太湖。现有两个辖区三个地级县城^[28]。

2.2.2 地形地貌

该市地貌复杂，东部是平原，西部则是山地丘陵地带，因此有“五山一水四分田”的称号。由于西部多山区，东部是平原，该市的整体地貌是东低西高，有西部向东部倾斜。西部最高海拔超过 1500 米，而东部的平原地区，最低海拔不超过 5 米，而且河流众多。由于该市靠近天目山，因此地形也比较复杂，群山环绕，异峰突起。其中海拔超过 1000 米的山就有 15 之多，最高的当属龙王山，其海拔要比天目山少要高出近百米。地势磅礴，风景优美，著名的有仙人桥、龙门瀑布等自然景观^[29]。自然环境优美，清晨云雾变幻。境内水流湍急，瀑布优美壮观，具有保存完好的自然环境和森林，面积超过两千平方公里，黄浦江的源头也正是在此处发源的^[30]。

2.2.3 气象条件

本市属亚热带湿润季风气候。气候总特点：季风显著，四季分明；雨热同季，降水充沛；光温同步，日照较少；气候温和，空气湿润；地形起伏高差大，垂直气候较明显。全市年平均气温 12.2~17.3℃；最冷月，一月，平均气温-0.4~5.5℃；最热月，七月，平均气温 24.4~30.8℃。年降水量 761~1780 毫米，年降水日数 116~156 天，年平均相对湿度均在 80%以上。风向季节变化明显，冬半年盛行西北风，夏半年盛行东南风，三月和九月是季风转换的过渡时期，以东北和东风为主^[31]。

2.2.4 行政区域和人口概况

湖州市湖州市行政区域和人口概况见表 2-2。

表 2-2 湖州市行政区域和人口概况

区县	面积（km ² ）	常住人口（万人）	邮政编码	行政中心所在地
吴兴县	872	75.7	313000	吴兴大道一号
南浔区	716	53.6	313009	南浔镇向阳路 601 号区行政中心
德清县	936	49.2	313200	武康镇千秋东街 1 号
长兴县	1388	64.2	313100	龙山街道行政中心
安吉县	1882	46.7	313300	昌硕街道灵芝西路 1 号
合计	5794	289.4		

2.2.5 能源结构

该市的生及生活能源消耗通常是依靠煤炭来支撑的，而对环保型能源的消耗很少，这种能源消耗分配的不科学，能源组成方面的缺陷，引发燃煤所带来环境污染也越来越严重。该市在 2006 年时的能源组成比例见图 2-1，从中能够直接看出，煤炭是该市的主要能源供给，占到整体能源组成的近八成，而一些新型能源，如电只占 14%，燃料油还不足十分之一 [32]。

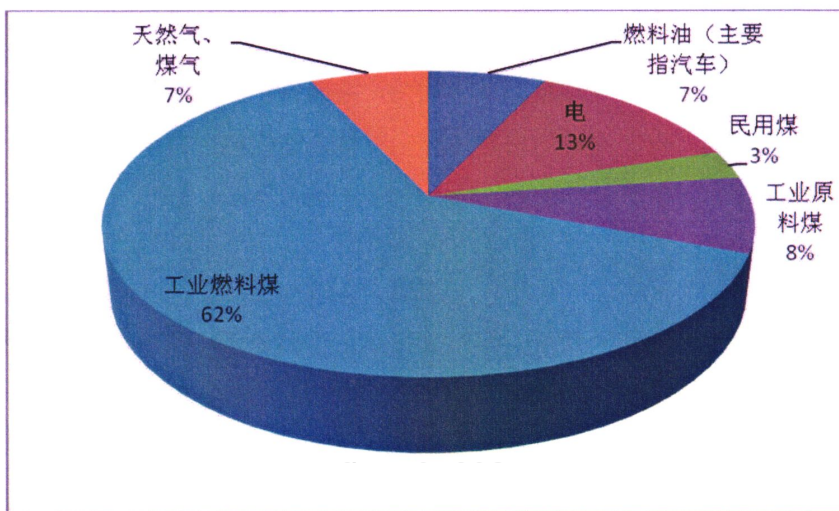


图 2-1 湖州市 2012 年能源结构图

2.3 大气污染特征分析

由于该市的能源消耗主要是煤炭，其次是油、电和气。同时结合该市的地理环境和气候等方面的综合影响，让该市的大气污染最严重的体现在自然降尘和煤烟型综合污染方面。 SO_2 、 PM_{10} 是市大气污染物中所占比例最高的。冬天采暖期间， SO_2 的污染程度也显著加深；春天主要是由于沙尘天气的作用，导致空气中 PM_{10} 的浓度急剧升高。最近几年，伴随着交通运输领域的规模不断扩大，造成汽车数量的急剧增加，相应的尾气的排放量也随之升高，以致于空气中 NO_2 的浓度含量比例也显著提升。空气中的这三类污染物的浓度比例加大，同时由于某些特殊的气象因素的作用，如逆温、高温、低湿等，导致某些地区的污染物集聚，浓度升高 [33]。

2.3.1 大气污染年际变化规律

该市在 2002~2013 年内三项污染物的每年的变化情况如下图 2-2 所示。其中，该市的 PM_{10} 浓度保持每年递减的发展势态，2003 年时浓度有 $0.132mg/m^3$ 之高，第二个高峰点则出现在 2006 年，其浓度值明显超过 SO_2 ，成为该市的第一大气污染物，这是由于那年的沙尘天气反复出现有巨大的联系，从 2009 年起便呈稳定的变化趋势。综合来看，只有 2005 和 2009~2013 年阶段的 PM_{10} 浓度值符合国家二级标准，剩下的都高过该项规定范围。 SO_2 的浓度值继 2003 年出现最高峰（ $0.208mg/m^3$ ）之后，每年以递减的方式变化，直至 2011 年呈现历史最低浓度值，即 $0.059mg/m^3$ 。这种现象出现的原因是该市政府以及相应的耗能产业公司对 SO_2 排放量进行了严格有效的管理，减少了相应的排放量。特别是在 2011 年，该项污染的控制情况效果最佳，也只有这一年的空气浓度含量是符合相关规定范围的，其余的均不符合。 NO_2 浓度的变化一直比较平稳，年平均浓度值为 $0.022 mg/m^3$ ，低于相关要求的 $0.04mg/m^3$ 。所以，综合分析来看，该市的大气污染物以 PM_{10} 、 SO_2 为主，而这与该市是沙尘天气和以煤碳做主能源的关系很大。

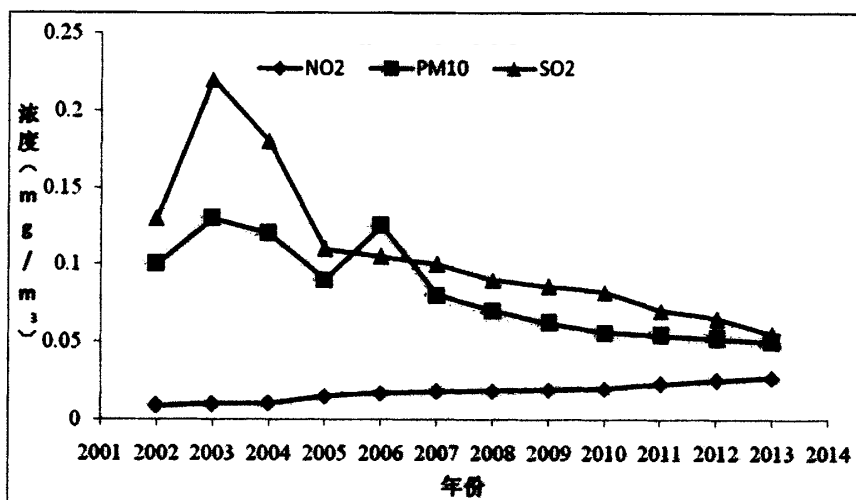


图 2-2 湖州市 2002-2013 年不同污染物年度变化曲线

2.3.2 大气污染季节变化规律

该市在 2002~2008 年内三项污染物随季节的变化趋势参见图 2-3 所示。根据详细分析可推知，该市的大气污染物 PM_{10} 、 SO_2 都体现出显著的季节性特征。其中， PM_{10} 在冬春时节内的浓度普遍较高，而夏秋两季期间的浓度通常比较低。存在这样的变化规律是因为季节性气候和采暖，特别是在春天，该市的气候条

件变化很大，经常出现沙尘天气，从而造成 PM_{10} 的浓度聚集。 SO_2 浓度的季节性变化表现的也很明显，冬季污染最为严重，秋春季污染程度一般，夏季污染程度最低。这与冬季的燃煤量增加有巨大的关联，并且当地的温度低，静风出现频率大，造成逆温层的低且厚，阻碍了污染物的扩散，出现局部地区的聚集。 NO_2 浓度的季节性变化不大，这是因为该污染物的主要来源是汽车尾气，但它与季节变化没什么关系。

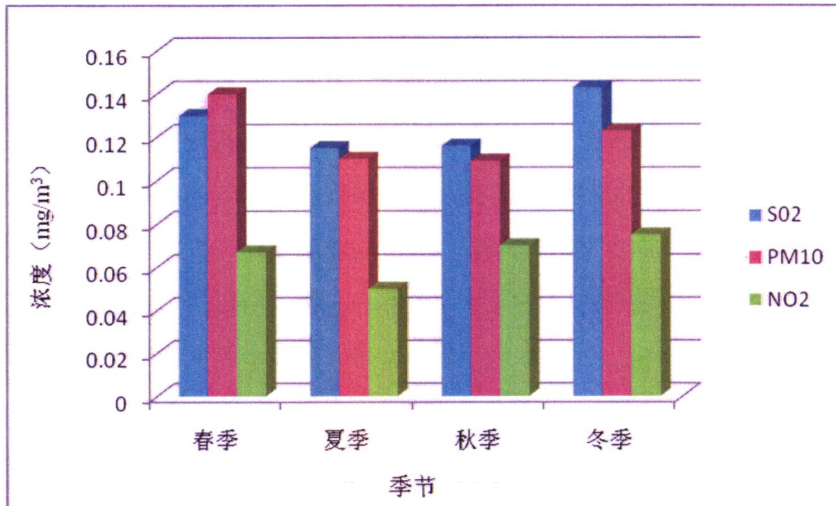


图 2-3 湖州市 2002-2008 年主要污染物季节性变化

2.3.3 大气污染物月变化规律

该市在 2013 年内三项污染物的浓度月变化趋势如图 2-4 所示。该市的 PM_{10} 浓度月变化特征并不显著。其中，12 月及 2~5 月的平均月浓度值较高，9~10 月相对较低。整体来看，每年 9 月份的浓度最低。而 SO_2 的平均月浓度变化表现出显著的“U”型特点。与 6~9 月份相比，11 月~2 月份的污染程度较为严重。 NO_2 浓度的月变化一直比较平稳，反映该市的大气污染物以 PM_{10} 、 SO_2 为主，同时反映了该市沙尘天气和煤碳能源与大气污染之间关联的又一证明。

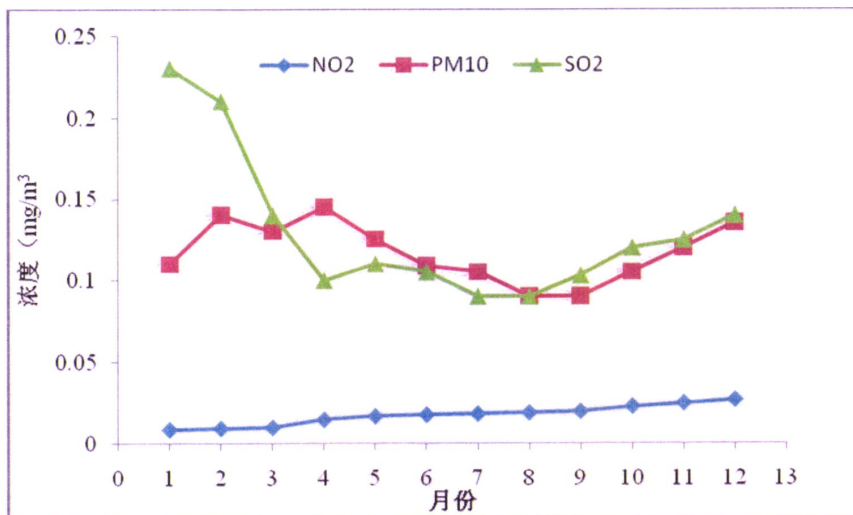


图 2-4 潮州市 2013 年不同污染物年变化曲线

2.3.4 大气污染物不同时期变化规律

参考该市的雨季特点，每年 11 月到 3 月为雨季，其余月份是干燥季节，该市在 2006~2013 年间大气污染物的日均浓度变化如图 2-5~2-8 所示。

根据图中变化趋势能够推得，在 2006~2013 年期间这三种污染物的浓度都反映了湿季的污染程度超过干季，尤其是 SO_2 的日均浓度值在各个时期所呈现出的变化明显，体现了湿季的燃煤量的增长是 SO_2 污染的始作俑者；而 PM_{10} 和 NO_2 的则没有突出变化。这主要是因为该市环境比较湿润，天气因素的影响让 PM_{10} 在干季的浓度也很高，而 NO_2 是由于其污染来源的影响，汽车尾气的排放量与干季与湿季时期关联不大。

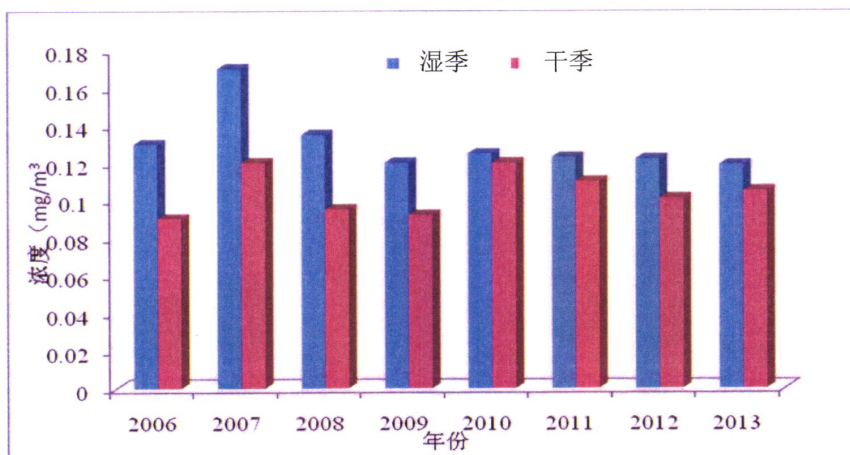


图 2-5 潮州市 2006-2013 年 PM_{10} 干季与湿季时期变化示意图

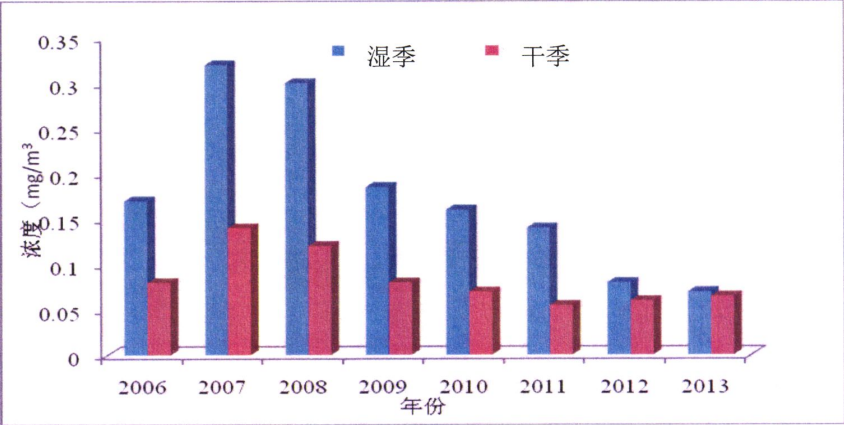


图 2-6 湖州市 2006-2013 年 SO₂ 干季与湿季时期浓度变化

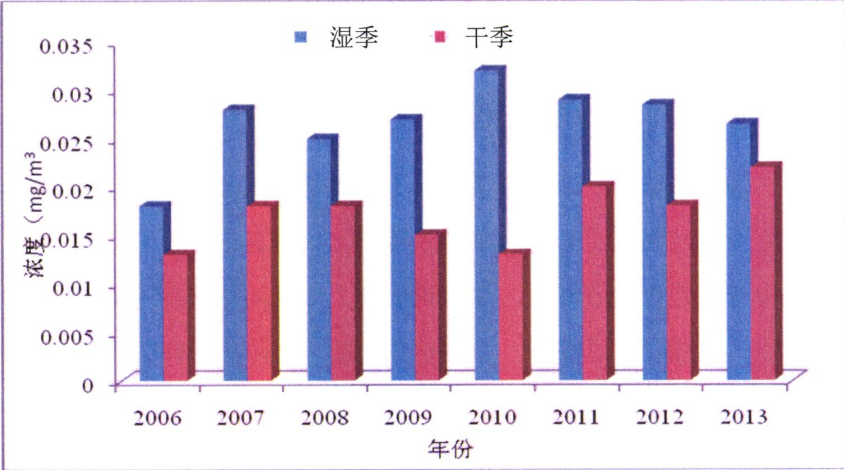


图 2-7 湖州市 2006-2013 年 NO₂ 干季与湿季时期变化示意图

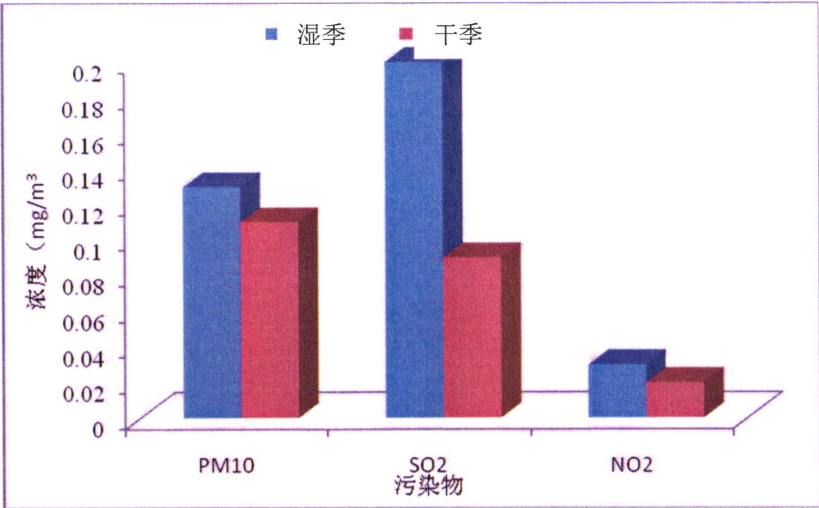


图 2-8 湖州市 2002-2008 年主要污染物不同时期的变化

第三章 大气污染对呼吸系统疾病日入院人数的影响

3.1 资料与方法

3.1.1 疾病资料

以湖州市三所医院提供的呼吸系统疾病日入院人数的有关资料作为依据，其基本内容为湖州市居民在 2010 年初至 2012 年末因呼吸系统疾病日入院的数量资料。所登记的信息分别为日期、性别以及年龄等。国际疾病分类标准第 10 版（ICD-10）是医务人员对呼吸系统疾病进行分类的依据^[38]。一些因为意外或者人为导致的疾病不包含在呼吸系统疾病内。上呼吸道感染（URTI）、肺炎以及慢性阻塞性肺炎（COPD）是本次研究的主要呼吸系统疾病。

3.1.2 大气污染资料

湖州市的大气污染日平均浓度检测资料来源于其 2010 年初到 2012 年末的时间段，其中可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮平均每天的浓度为主要监测对象，湖州市环境监测站为本次研究提供了资料，对于其中缺失的数据通过线性内插法进行填补，然后得到完整的数据。

3.1.3 气象资料

对浙江省气象部门提供的湖州市 2010 年到 2012 年整三年的地面气象资料进行收集，其中包括气温的平均值、最高值、最低值以及气压、能见度等气象因子。

3.1.4 分析方法

（1）方法

湖州市居民患呼吸系统疾病入院的患者相较总人口来说概率比较小，在分布情况上有泊松（Poisson）分布的特点^[56]。所以泊松回归模型是本次研究的主要分布模型，Schwartz J 是世界上第一个使用 GAM 模型的人^[34]，现在这种方法在该领域的应用已经相当普遍，大气污染急性暴露和健康的影响对这个模型也具有了一定的依赖性，而且这种模型应用的时候不会因为地点和污染指数以

及人群的不同而产生不同^[33]。驱动该模型的是其使用数据，而且没有经过事先设定，所以内在联系决定其研究数据，对于反映变量和解释变量的关系也能够很好的介绍，并且对数据没有较高的要求，像大气污染浓度这种普通的线性项之外还有其他一些复杂的关系变量都可以用该模型进行试验，下面是它的形式：

$$\text{Log}[E(Y_k)] = \alpha + \text{DOW} + \beta X_k + s(\text{time}, df) + s(Z_k, df) \quad (3.1)$$

其中：

Y_k ——第 k 日入院人数；

$E(Y_k)$ ——第 k 日入院人数的期望值；

α ——截距；

β ——回归系数，称为暴露-反应关系系数；

X_k ——第 k 日大气污染物浓度；

s ——非参数样条平滑函数（smoothing spline function）；

df ——为自由度， $df=7$ 时相当于直线变量；

DOW——虚拟变量（dummy variable）；

Time——日历时间（calendar time）；

Z_k ——第 k 日气象因素变量，包括气温、气压、能见度等。

（2）单污染模型

居民受到大气污染物影响具有滞后性，所以在建立模型的过程中需要考虑当天以及其前六天的浓度，这样建立的模型也要根据疾病、性别和不同的年龄进行分成，进行模型拟合优度检验需要采用 Akaike 信息准则(AIC)，来对最佳滞后时间进行确定，模型拟合度的优劣是和 AIC 值有关的，呈现反比例关系，对于分析暴露-反应的关系需要选取最小值的滞后时间。

（3）多污染模型

多污染模型是对各种污染物分析调整后所考虑的一种模型，其基础就是单污染模型分析，因为醉驾滞后时间由单污染模型进行确定，所以将可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮三种污染物的两种或者全部引入模型，GAM 模型由此建立，对人群健康受到多污染物协同下大气污染的影响会产生什么样的损害，对居民呼吸系统住院人数的影响的主要因子进行确定。

(4) 相对危险度

大气污染物的回归系数可以由 GAM 模型进行估算，计算当污染物变化单位浓度 (IQR) 时居民每日入院人数的相对危险度 $RR = \exp[IQR \times \beta]$ ，相对危险度 95% 的可信区间也可以在这个基础上通过计算得出 $\exp[(\beta \pm 1.96SE) \times IQR]$ ，由此来评价健康受到污染物的影响效应。在这里我们提到的暴露-反应系数就是目标污染物单位浓度变化后对健康效应所引起的百分比变化，在这个情况下要考虑一些混杂因子是不发生变化的前提。 $10/IQR \times (RR-1) \times 100\%$ 可以表示如果每立方米的污染物增加 10 微克的话，其入院人数的百分比变化。R 和 SPSS13.0 软件给本研究的统计分析提供技术支持。

3.2 结果分析

3.2.1 描述性分析

(1) 大气污染物与气象因素的频数分布

图表 3-1 表示了湖州市在 2010 年初到 2012 年末的可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮的日平均浓度的年平均值以及关于气象因素的描述性统计。由此可以看出在这段所要研究的时间内除了二氧化氮之外，其余可吸入颗粒物以及二氧化硫的年均浓度值都超过了国家规定的有关二级标准；最高气温和最低气温分别为 32 摄氏度和零下 4 摄氏度，平均风速到达 2.9 米每秒，平均的能见度为 19.13 千米，其中正态检验由 IOR 表示、分位数由 P_{25} 、 P_{75} 表示。

表 3-1 湖州市 2010-2012 年大气污染物和气象因素频数分布

类别	指标	均数	最小值	P_{25}	P_{75}	IQR	最大值
污 染 物	PM ₁₀	0.106	0.028	0.069	0.117	0.048	0.973
	SO ₂	0.091	0.009	0.05	0.104	0.054	0.680
	NO ₂	0.023	0.005	0.016	0.027	0.011	0.120
气 象 因 素	平均气温 (°C)	12	-1.5	-2.5	15.4	13.9	17.7
	最低气温 (°C)	1.0	-3.5	-4	11.5	12.5	16.3
	最高气温 (°C)	32	-4	4.9	13.2	16.5	33
	露点温度 (°C)	-4.6	-27.8	-13.4	5.6	19	19.2

平均气压 (hPa)	785.1	764.2	779.7	791.8	12.1	797.7
风速 (m/s)	2.9	1	2.1	3.4	1.3	9.1
能见度 (km)	1.8	1.9	27.5	30	2.5	30

(2) 疾病资料的描述性统计

在研究的时间段内某医院居民呼吸系统疾病入院人数的频率可以在表 3-2 中看出,在此起劲因为呼吸系统入院的居民总数达到 5793 人,男性占到了 4499 人,而女性人数仅为 1294 人,两者间的比例为 3.5 比 1,;在年龄方面可以看到,有 44.3%的人权年龄不到 65 岁,而有 34.4%的人不到 15 岁;剩余的 21.3%的人群是在 15 岁到 65 岁之间的人,其中有 25.7%的人数因为 URTI 疾病入院,占到了最大的比例,剩下的入院疾病为肺炎和 COPD,分别占到的比例为 15%以及 5.4%。

表 3-2 湖州市 2010-2012 年呼吸与心脑血管疾病日入院人数的频数分布

疾病类别	性别、年龄	均数	最小值	P ₂₅	P ₇₅	IQR	最大值
呼吸系统 疾病	总	5.3	0	3	7	4	17
	男	4.1	0	2	6	4	15
	女	1.2	0	0	2	2	8
	≥65 岁	2.4	0	1	3	2	9
	15—65 岁	1.1	0	0	2	2	6
	≤15 岁	1.8	0	1	3	2	8
URTI	总	1.4	0	0	2	1	7
	男	0.9	0	0	1	1	6
	女	0.5	0	0	1	1	4
	≥65 岁	0.9	0	0	0	0	2
	15—65 岁	0.4	0	0	1	1	4
	≤15 岁	0.1	0	0	1	1	6
肺炎	总	0.8	0	0	1	1	7
	男	0.5	0	0	1	1	5
	女	0.3	0	0	0	0	6
	≥65 岁	0.1	0	0	0	0	2
	15—65 岁	0.1	0	0	0	0	3
	≤15 岁	0.6	0	0	1	1	6
COPD	总	0.3	0	0	0	0	4
	男	0.2	0	0	0	0	3
	女	0.1	0	0	0	0	2
	≥65 岁	0.2	0	0	0	0	4
	≤65 岁	0.1	0	0	0	0	3

(3) 大气污染与气象因素的相关分析

对于大气污染和气象因素的相关性分析结果在表 3-3 中，根据泊松相关性分析可以看出，可吸入颗粒物和二氧化硫以及二氧化氮三者之间的关系有为正相关关系，而且是分明，在统计学方面也具有意义，这说明存在协同作用，相关性较强的污染物为二氧化氮和二氧化硫，两者间有 0.696 的相关系数，而这两种污染物与一些气象因素间的关系有着负相关关系，例如气温的最高值、最低值、平均值、以及风速和气压等。可吸入颗粒和能见度的关系不仅具有统计学意义，而且有负相关关系。

表 3-3 潮州市 2010-2012 大气污染物浓度与气象因素的 pearson 相关系数

	风速	平均 气压	露点 温度	能见 度	平均 气温	最高 气温	最低 气温	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀
风速	1									
平均 气压	0.219	1								
露点 温度	0.09	0.086	1							
能见度	-0.062	0.133	-0.059	1						
平均 气温	0.213	0.999	0.865	0.133	1					
最高 气温	0.169	0.976	0.783	0.233	0.977	1				
最低 气温	0.24	0.972	0.912	0.028	0.972	0.91	1			
SO ₂	-0.185	-0.352	-0.41	0.191	0.35	-0.275	-0.396	1		
NO ₂	-0.204	-0.433	-0.494	0.221	0.434	-0.347	-0.487	0.695	1	
PM ₁₀	0.13	-0.054	-0.108	-0.354	-0.56	-0.059	-0.049	0.07	0.19	1

3.2.2 大气污染与呼吸系统疾病的模型拟合结果

3.2.2.1 单污染模型

潮州市的大气污染物可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮在单污染模型下和居民因为呼吸系统疾病入院人数间的滞后性从 0 到 6 天间的变化可以在图

表 3-4 到 3-7 以及图 3-1 到 3-4 中看到，其中具体表现为，具体居民因为该疾病所增加住院的人数危险性和 IQR 之间的变化情况。

通过观察表 3-4 可以得出结论，人群受到可吸入颗粒物影响而引起的呼吸系统疾病有着不同的滞后效应，以年龄段来看，15 到 65 岁之间的人群的相对危险度受到 4 天的滞后性影响，而剩下的人群入院人数的最大值在滞后的两天后达到。适合整体人群、性别、年龄段（分别以 15 和 65 为界限）的相对危险度的研究为队列研究，研究的是暴露组和非暴露组的发病率之间的比。(95%CI) 分别为 1.023 (1.007~1.039)、1.020 (1.001~1.040)、1.045 (1.014~1.076)、1.023 (0.998~1.048)、1.034 (1.000~1.069)、1.030 (1.004~1.056)，且 ≥ 65 岁人群无统计学意义；SO₂ 对女性和 ≥ 65 岁人群的日入院人数 RR 均在滞后 6d、 ≤ 15 岁人群在当天、其余人群均在滞后 6d 达到最大值，全人群、男女性、 ≥ 65 岁、15-65 岁、 ≤ 15 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.037 (1.004~1.071)、1.040 (1.003~1.078)、1.063 (1.003~1.127)、1.047 (1.000~1.095)、1.084 (1.025~1.146)、1.029 (0.974~1.087)，且 ≤ 15 岁人群无统计学意义；NO₂ 对男性和 ≥ 65 岁人群的日入院人数 RR 均在滞后 6 天，15-65 岁人群在滞后 5 天，其余人群均在当天达到最大值，全人群、男女性、 ≥ 65 岁、15-65 岁、 ≤ 15 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.037 (1.001~1.075)、1.043 (1.002~1.086)、1.087 (1.010~1.066)、1.052 (1.001~1.104)、1.091 (1.028~1.158)、1.068 (1.007~1.133)，并均具有统计学意义。

通过观察表 3-5 可以得出结论，可吸入颗粒物对 URTI 不同的人群有着不同的滞后效应，在性别方面，男性人群住院人数相对危险度有着 5 天的滞后，以年龄段来看，15 到 65 岁之间的人群的相对危险度受到 4 天的滞后性影响，而剩下的人群入院人数的最大值在滞后的两天后达到。全人群、男女性、 ≥ 65 岁、15-65 岁、 ≤ 15 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.030 (1.000~1.062)、1.045 (1.001~1.091)、1.047 (1.000~1.097)、1.000 (0.869~1.152)、1.047 (0.990~1.107)、1.041 (1.005~1.079)，且 ≥ 65 岁和 15-65 岁人群无统计学意义；SO₂ 对 15-65 岁人群的日入院人数 RR 在滞后 6d、其余人群均在滞后 4d 达到最大值，全人群、男女性、 ≥ 65 岁、15-65 岁、 ≤ 15 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.072 (1.017~1.129)、1.082 (1.003~1.167)、1.102 (1.020~1.191)、1.253

(1.054~1.490)、1.114 (1.009~1.230)、1.078 (1.016~1.145)，并均具有统计学意义；NO₂对全人群、不同性别（男、女）、不同年龄组（≥65、15-65 岁、≤15 岁）的日入院人数 RR 均在滞后 4d 达到最大值，RR (95%CI) 分别为 1.078 (1.009~1.152)、1.088 (1.001 ~1.183)、1.101 (1.008~1.202)、1.333 (1.076~1.653)、1.106 (1.001~1.223)、1.111 (1.038~1.189)，并均具有统计学意义。

通过观察表 3-6 可以得出结论，人群受到可吸入颗粒物影响而引起的肺炎有着不同的滞后效应，以年龄段来看，全部的人群以及 15 岁之下的人日入院的相对危险度有 4 天的滞后，男性和 65 岁之上的人群的相对危险度受到 1 天的滞后性影响，而女性以及 15 岁到 65 岁之间人群的最大值在滞后的 5 天后达到。全人群、男女性、≥65、15-65 岁、25 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.050 (1.013~1.088)、1.052 (1.005~1.101)、1.071 (1.015~1.129)、1.059 (0.920~1.217)、1.085 (1.004~1.173)、1.056 (1.015~1.099)，且≥65 岁人群无统计学意义；SO₂对≥65 岁人群的日入院人数 RR 在滞后 2d、其余人群均在滞后 3d 达到最大值，全人群、男女性、≥65 岁、15-65 岁、≤15 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.085 (1.002~1.175)、1.010 (0.908~1.123)、1.126 (1.000~1.267)、1.249 (1.029~1.517)、1.244 (1.000~1.547)、1.091 (1.001~1.188)，且男性人群无统计学意义；NO₂对女性和≥5 岁人群的日入院人数 RR 在当天、15-65 岁人群在滞后 4d、其余人群均在滞后 3d 达到最大值，全人群、男女性、≥65 岁、15-65 岁、≤15 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.089 (1.001~1.184)、1.050 (0.935~1.080)、1.160 (1.014~1.327)、1.255 (1.007~1.564)、1.095 (0.853~1.405)、1.104 (1.000~1.219)，且男性人群和 15-65 岁人群无统计学意义。

通过观察表 3-7 可以得出结论，可吸入颗粒物对 COPD 不同的人群有着不同的滞后效应，在性别和年龄方面，全部的人群和 5 岁之上的住院人数相对危险度有着 2 天的滞后，女性人群有 4 天的滞后性，男性人群到 65 岁之下的人群最大值在滞后的 5 天后达到。全人群、男女性、≥65 岁、<65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.015(0.947~1.087)、1.017(0.937~1.103)、1.133(1.000~1.283)、1.007 (0.926~1.096)、1.120 (1.003~1.251)，除女性人群和<65 岁人群具有统计

学意义外，其他人群均无统计学意义；SO₂ 对全人群和女性人群的日入院人数 RR 均在滞后 2d、男性人群和≥65 岁人群均在滞后 1d、<65 岁人群在滞后 6d 达到最大值，全人群、男女性、≥65 岁、<65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.155 (1.006~1.325)、1.213 (1.023~1.439)、1.414 (1.103~1.814)、1.191 (1.007~1.409)、1.461 (1.183~1.803)，并均具有统计学意义；NO₂ 对<65 岁人群的日入院人数 RR 在滞后 5d、其余人群均在滞后 2d 达到最大值，全人群、男女性、≥65 岁、<65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.175 (1.009-1.368)、1.198 (1.030~1.392)、1.332 (1.022~1.736)、1.162 (1.001~1.348)、1.428 (1.121~1.818)，并均具有统计学意义。

表 3-4 大气污染影响呼吸系统疾病日入院人数 RR 的单污染模型

污染物		滞后天数						
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5	lag6
PM ₁₀	全人群	0.992 (0.974~1.010)	1.012 (0.994~1.030)	1.024 (1.008~1.040)*	1.007 (0.990~1.025)	1.006 (0.989~1.024)	1.002 (0.983~1.020)	1.004 (0.987~1.021)
	男	0.996 (0.976~1.016)	1.010 (0.989~1.031)	1.021 (1.002~1.041)*	1.006 (0.987~1.026)	0.997 (0.977~1.018)	1.000 (0.979~1.022)	1.008 (0.989~1.027)
	性别	女	0.981 (0.944~1.020)	1.022 (0.988~1.058)	1.04 (1.015~1.077)*	1.013 (0.979~1.048)	1.034 (1.001~1.067)*	1.016 (0.985~1.052)
	≥65 岁	1.006 (0.977~1.035)	1.017 (0.989~1.046)	1.024 (0.999~1.049)	1.003 (0.977~1.030)	0.990 (0.963~1.018)	0.987 (0.958~1.016)	0.998 (0.958~1.012)
	年龄	15-65 岁	0.987 (0.949~1.027)	1.026 (0.990~1.064)	1.008 (0.972~1.044)	1.027 (0.994~1.062)	1.035 (1.001~1.070)*	1.019 (0.983~1.056)
	≤15 岁	0.996 (0.967~1.025)	1.005 (0.976~1.034)	1.031 (1.005~1.057)*	1.004 (0.977~1.032)	1.011 (0.983~1.039)	1.008 (0.979~1.037)	1.011 (0.985~1.039)
	SO ₂	1.017 (0.985~1.050)	1.036 (1.001~1.071)*	1.013 (0.980~1.048)	1.012 (0.980~1.045)	0.996 (0.966~1.028)	0.995 (0.964~1.027)	1.038 (1.005~1.072)*
	男	1.001 (0.964~1.039)	1.029 (0.991~1.069)	0.994 (0.957~1.033)	1.004 (0.968~1.040)	0.994 (0.960~1.030)	0.997 (0.962~1.033)	1.041 (1.004~1.079)*
	性别	女	1.009 (0.948~1.072)	1.064 (1.004~1.128)*	1.038 (0.971~1.109)	1.002 (0.941~1.068)	0.973 (0.914~1.036)	0.961 (0.901~1.024)
	≥65 岁	0.999 (0.957~1.042)	1.048 (1.001~1.096)*	1.044 (0.999~1.091)	1.013 (0.971~1.057)	0.983 (0.943~1.026)	0.982 (0.940~1.024)	1.030 (0.987~1.076)
NO ₂	年龄	15-65 岁	1.062 (1.014~1.112)	1.058 (1.008~1.111)*	1.003 (0.951~1.058)	1.031 (0.980~1.084)	1.032 (0.984~1.083)	1.056 (1.006~1.107)*
	≤15 岁	1.030 (0.975~1.088)	1.013 (0.957~1.073)	1.023 (0.968~1.081)	1.020 (0.968~1.075)	1.014 (0.963~1.067)	0.989 (0.938~1.043)	1.085 (0.958~1.063)
	全人群	1.038 (1.002~1.076)*	0.986 (0.950~1.023)	0.963 (0.927~1.001)	0.992 (0.957~1.028)	0.995 (0.961~1.031)	1.000 (0.965~1.036)	1.032 (0.995~1.069)
	男	1.000 (0.956~1.045)	0.981 (0.940~1.024)	0.951 (0.910~0.993)	0.080 (0.940~1.020)	0.995 (0.956~1.035)	1.006 (0.966~1.047)	1.044 (1.003~1.087)*
	性别	女	1.088 (1.011~1.067)*	0.985 (0.911~1.066)	0.990 (0.915~1.071)	1.026 (0.952~1.105)	0.983 (0.911~1.061)	0.979 (0.895~1.044)
	≥65 岁	1.017 (0.966~1.071)	1.025 (0.975~1.078)	1.003 (0.952~1.058)	0.992 (0.944~1.042)	0.981 (0.933~1.031)	0.982 (0.933~1.034)	1.053 (1.002~1.105)*
	年龄	15-65 岁	1.075 (1.012~1.142)*	0.986 (0.923~1.053)	0.931 (0.867~1.000)	0.968 (0.906~1.034)	1.031 (0.966~1.101)	1.092 (1.029~1.159)*
	≤15 岁	1.069 (1.008~1.134)	0.984 (0.923~1.049)	1.002 (0.941~1.067)	1.051 (0.990~1.116)	1.014 (0.955~1.077)	0.966 (0.909~1.028)	1.013 (0.953~1.078)

A.全人群；B.男性；C.女性；D≥65 岁；E<65 岁人群；F<15 岁人群

表 3-5 大气污染影响 URTI 日入院人数 RR 的单污染模型

污染物		滞后天数					
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5
PM ₁₀	全人群	0.970 (0.933~1.008)	1.007 (0.972~1.043)	1.031 (1.001~1.063)*	1.009 (0.975~1.043)	1.023 (0.990~1.057)	1.018 (0.983~1.055)
	男	0.927 (0.916~1.013)	1.006 (0.961~1.052)	1.019 (0.979~1.062)	1.005 (0.962~1.050)	1.015 (0.972~1.061)	1.046 (1.002~1.092)*
	女性别	0.971 (0.913~1.033)	1.011 (0.955~1.070)	1.048 (1.001~1.098)*	1.011 (0.959~1.065)	1.027 (0.977~1.079)	0.974 (0.914~1.038)
	≥65 岁	0.853 (0.704~1.033)	0.804 (0.702~1.064)	1.001 (0.870~1.153)	0.956 (0.809~1.130)	0.965 (0.812~1.147)	0.925 (0.771~1.111)
	15-65 岁	0.974 (0.906~1.047)	1.035 (0.974~1.101)	1.002 (0.940~1.068)	1.017 (0.955~1.083)	1.048 (0.991~1.108)	1.003 (0.934~1.078)
	≤15 岁	0.982 (0.938~1.027)	1.013 (0.972~1.055)	1.042 (1.006~1.080)*	1.013 (0.975~1.053)	1.019 (0.979~1.060)	1.029 (0.990~1.069)
	SO ₂ 全人群	1.019 (0.958~1.085)	1.038 (0.972~1.108)	0.963 (0.952~1.082)	1.073 (0.905~1.025)	0.994 (1.018~1.030)*	1.037 (0.936~1.056)
	男	0.982 (0.953~1.123)	1.041 (0.959~1.131)	0.984 (0.907~1.068)	0.964 (0.892~1.041)	0.994 (1.004~1.168)*	1.053 (0.921~1.07)
	女性别	0.969 (0.878~1.070)	0.998 (0.900~1.106)	1.036 (0.936~1.148)	0.938 (0.847~1.039)	1.103 (1.021~1.192)*	0.962 (0.872~1.060)
	≥65 岁	1.067 (0.865~1.316)	0.949 (0.757~1.192)	1.090 (0.884~1.343)	1.075 (0.885~1.306)	1.254 (1.055~1.491)*	1.071 (0.877~1.307)
NO ₂	15-65 岁	1.040 (0.955~1.133)	1.053 (0.961~1.155)	1.065 (0.901~1.099)	1.017 (0.927~1.115)	1.059 (0.978~1.163)	1.115 (0.971~1.15)
	≤15 岁	9.987 (0.915~1.064)	1.014 (0.939~1.095)	1.005 (0.932~1.084)	0.927 (0.859~1.001)	1.079 (1.017~1.146)*	1.006 (0.885~1.025)
	全人群	1.073 (1.994~1.157)	0.985 (0.913~1.063)	1.003 (0.930~1.081)	1.037 (0.967~1.111)	1.079 (1.010~1.153)*	1.018 (0.948~1.09)
	男	1.061 (0.943~1.171)	0.985 (0.892~1.082)	0.995 (0.905~1.093)	1.045 (0.958~1.140)	1.089 (1.002~1.184)*	1.003 (0.916~1.097)
	女性别	1.070 (0.954~1.201)	0.987 (0.872~1.156)	1.015 (0.898~1.142)	1.016 (0.904~1.142)	1.102 (1.009~1.203)*	1.035 (0.911~1.01)
	≥65 岁	1.174 (0.909~1.517)	1.063 (0.804~1.406)	1.057 (0.807~1.386)	1.199 (0.955~1.506)	1.334 (1.077~1.654)*	1.030 (0.786~1.349)
	15-65 岁	1.095 (0.985~1.218)	1.018 (0.904~1.145)	1.018 (0.901~1.152)	1.040 (0.938~1.154)	1.107 (1.002~1.224)*	1.083 (0.977~1.20)
	≤15 岁	1.022 (0.931~1.121)	0.975 (0.889~1.069)	1.015 (0.929~1.109)	1.024 (0.939~1.117)	1.112 (1.039~1.190)*	0.995 (0.911~1.087)
							0.986 (0.901~1.05)

表 3-6 大气污染影响 URTI 日入院人数 RR 的多污染模型

污染物		滞后天数					
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5
PM ₁₀	全人群	0.977 (0.936~1.020)	1.007 (0.967~1.049)	1.007 (0.968~1.048)	0.974 (0.933~1.017)	1.051 (1.014~1.089)*	1.017 (0.978~1.057)
	男	0.988 (0.939~1.040)	1.053 (1.006~1.102)*	0.986 (0.936~1.039)	0.947 (0.893~1.004)	0.980 (0.929~1.0335)	0.972 (0.920~1.027)
	女性别	0.957 (0.888~1.031)	1.005 (0.942~1.073)	1.029 (0.971~1.091)	1.011 (0.949~1.076)	1.057 (1.002~1.115)*	1.072 (1.016~1.130)*
	≥65 岁	0.989 (0.825~1.187)	1.060 (0.921~1.218)	0.969 (0.818~1.148)	0.948 (0.792~1.136)	0.937 (0.907~1.183)	1.053 (0.780~1.126)
	15-65 岁	0.983 (0.937~1.032)	1.023 (0.951~1.047)	0.988 (0.978~1.047)	1.086 (0.943~1.035)	1.007 (1.005~1.174)*	1.024 (0.962~1.053)
	≤15 岁	0.975 (0.872~1.090)	1.009 (0.916~1.113)	0.931 (0.824~1.051)	0.897 (0.784~1.026)	1.057 (0.953~1.130)	1.011 (1.016~1.100)*
	SO ₂ 全人群	0.973 (0.895~1.058)	0.945 (0.861~0.953)	1.017 (0.936~1.106)	1.086 (1.003~1.176)*	0.900 (0.922~1.084)	0.991 (0.916~1.072)
	男	0.956 (0.855~1.069)	0.889 (0.792~0.998)	0.975 (0.873~1.090)	1.011 (0.909~1.124)	1.008 (0.910~1.117)	1.007 (0.907~1.120)
	女性别	1.003 (0.881~1.142)	1.057 (0.925~1.208)	1.090 (0.957~1.242)	1.127 (1.001~1.268)*	0.992 (0.858~1.102)	0.988 (0.873~1.118)
	≥65 岁	0.912 (0.740~1.123)	0.960 (0.798~1.178)	0.928 (1.030~1.518)*	0.850 (0.764~1.127)	0.850 (0.706~1.024)	0.947 (0.749~1.117)
NO ₂	15-65 岁	1.125 (0.898~1.410)	0.926 (0.718~1.195)	0.954 (0.744~1.223)	1.245 (1.001~1.548)*	1.040 (0.826~1.310)	0.995 (0.781~1.267)
	≤15 岁	0.972 (0.882~1.072)	0.964 (0.870~1.068)	1.008 (0.914~1.113)	1.062 (1.002~1.189)*	1.001 (0.914~1.098)	1.037 (0.945~1.139)
	全人群	1.019 (1.926~1.121)	0.969 (0.881~1.066)	0.940 (0.855~1.034)	1.090 (1.002~1.185)*	0.981 (0.904~1.086)	0.960 (0.874~1.054)
	男	0.967 (0.851~1.099)	0.928 (0.820~1.051)	0.922 (0.816~1.041)	1.051 (0.936~1.081)	0.997 (0.886~1.121)	0.993 (0.882~1.119)
	女性别	1.161 (1.015~1.328)*	1.063 (0.917~1.232)	0.983 (0.844~1.144)	1.048 (0.906~1.211)	0.984 (0.847~1.143)	0.909 (0.780~1.059)
	≥65 岁	1.256 (1.008~1.564)*	1.011 (0.809~1.262)	1.050 (0.847~1.301)	0.987 (0.847~1.312)	0.987 (0.784~1.244)	0.877 (0.677~1.136)
	15-65 岁	1.037 (0.794~1.354)	0.804 (0.651~1.145)	0.776 (0.609~0.988)	0.990 (0.764~1.283)	1.096 (0.854~1.406)	0.877 (0.672~1.144)
	≤15 岁	1.004 (0.897~1.122)	0.992 (0.886~1.107)	0.957 (0.858~1.067)	1.105 (1.001~1.229)*	0.992 (0.891~1.105)	1.009 (0.908~1.125)
							0.970 (0.869~1.083)

表 3-7 大气污染影响 COPD 日入院人数 RR 的单污染模型

污染物		滞后天数					
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5
PM ₁₀	全人群	0.978 (0.901~1.063)	0.954 (0.870~1.047)	1.015 (0.947~1.087)	0.937 (0.856~1.027)	0.992 (0.919~1.071)	1.012 (0.938~1.091)
	性别						
	男	0.971 (0.882~1.068)	0.928 (0.830~1.035)	1.006 (0.928~1.090)	0.927 (0.835~1.030)	0.931 (0.861~1.003)	1.017 (0.929~1.084)
	女	1.022 (0.853~1.226)	1.039 (0.869~1.242)	1.067 (0.917~1.242)	0.973 (0.808~1.168)	1.135 (1.000~1.283)*	0.984 (0.802~1.202)
	年龄						
	≥65 岁	0.954 (0.857~1.061)	0.925 (0.822~1.041)	1.007 (0.936~1.096)	0.979 (0.779~0.972)	0.918 (0.819~1.030)	0.967 (0.874~1.070)
SO ₂	全人群	1.033 (0.916~1.164)	1.047 (0.915~1.201)	1.039 (0.916~1.178)	1.103 (0.993~1.225)	1.113 (1.012~1.223)*	1.120 (1.003~1.231)*
	性别						
	男	0.931 (0.812~1.069)	1.090 (0.953~1.247)	1.153 (1.006~1.325)*	1.009 (0.884~1.148)	0.985 (0.948~1.238)	0.915 (0.800~1.047)
	女	1.002 (0.754~1.051)	1.036 (1.023~1.439)*	1.414 (0.876~1.204)	1.054 (0.825~1.133)	0.714 (0.835~1.129)	0.823 (0.789~1.008)
	年龄						
	≥65 岁	0.902 (0.765~1.063)	1.191 (1.007~1.409)*	1.065 (0.910~1.246)	1.018 (0.874~1.187)	0.928 (0.795~1.083)	0.862 (0.732~1.016)
NO ₂	全人群	0.932 (0.779~1.116)	1.006 (0.932~1.264)	1.175 (1.009~1.368)*	0.958 (0.921~1.242)	0.885 (0.815~1.116)	1.006 (0.921~1.250)
	性别						
	男	0.743 (0.755~1.136)	1.131 (0.958~1.335)	1.198 (1.030~1.392)*	1.073 (0.913~1.262)	1.011 (0.855~1.195)	1.067 (0.903~1.260)
	女	1.019 (0.722~1.437)	1.067 (0.700~1.339)	1.332 (1.022~1.736)*	1.039 (0.782~1.378)	0.758 (0.548~1.047)	1.005 (0.732~1.043)
	年龄						
	≥65 岁	0.944 (0.773~1.153)	1.044 (0.919~1.278)	1.162 (1.001~1.348)*	1.100 (0.952~1.293)	0.955 (0.803~1.137)	0.954 (0.797~1.145)

注：*表示该天数据有统计学意义，P<0.05

3.2.2.2 多污染模型

双污染和多污染模型可以对有统计学意义或者效应最大滞后天数的可吸入颗粒物、二氧化硫同时进行分析，这里的二氧化氮可以分别或者共同引入，呼吸系统疾病日入院人数受到引入其它污染物后的影响可以在表 3-8 到 11 中看到。

根据表 3-8 可以看出，受到呼吸系统疾病的女性患者在引入了二氧化硫、可吸入颗粒以及二氧化氮后入院人数的影响有一定的降低，而对其他的人群并没有造成什么影响，这其中二氧化氮可以加引或者不引入。而且这个研究在年龄段方面，其中 65 岁之上的人群以及 15 岁到 65 岁之间的人群没有意义。二氧化硫对男性人群入院的影响在单独引入可吸入颗粒物后呈现增加的趋势。而对 15 岁到 65 岁的群体以及女性的影响呈现降低的趋势。而剩余年龄段的全体保持不变。在同时对二氧化氮和可吸入颗粒进行引入或者只引入二氧化氮的时候，二氧化硫对的影响在 15 岁之下的人群下降，对剩余的人没有什么影响，在统计学意义方面对全部人群和 15 岁到 65 岁之间的人有影响。在对可吸入颗粒物进行单独引入的时候可以发现性别组的人群和 15 岁到 65 岁以及小于 15 岁的受到二氧化氮的影响分别呈现上升和下降的趋势，而没有对 65 岁之上的人群造成什么影响；在统计学方面对 15 到 65 岁的人和 25 岁的人群没有意义。对于男性、

15 到 65 岁之间以及 15 岁之下的人群来说，二氧化氮在引入二氧化硫后的影响降低了，对剩余的人没有什么影响；在统计学方面对全人群和女性人群有意义。在性别方面，二氧化氮对女性和男性的在同时引入可吸入颗粒物和二氧化硫后的影响分别呈现增加和下降的趋势，对全人群没有造成什么影响；在统计学方面对全人群和女性人群有意义。

根据表 3-9 可以看出，可吸入颗粒物在分别引入二氧化氮和二氧化硫后，增加了对 URTI65 岁之上和 15 岁之下人群的影响，而对其他人没有什么影响，在统计学方面对性别组和 25 岁人群有意义。吸入颗粒物在同时引入二氧化氮和二氧化硫后增加了对 15 岁以下人群入院人数的影响，在统计学方面对性别组和 15 岁以下人群有意义。二氧化硫在单独引入可吸入颗粒物后增加了对年龄组人群入院人数的影响，减少了对全人群和性别组的影响；在统计学方面进入年龄组人群有意义。二氧化硫在单独引入二氧化氮或者同时引入二氧化氮以及可吸入颗粒物后减少了对全人群、男性、女性人群入院人数的影响，在统计学方面都没有意义。二氧化氮在单独因为可吸入颗粒物后仅增加了对 65 岁之上的人群的影响，没有对剩下的人群造成影响；在统计学方面具有显著意义。二氧化氮在单独引入二氧化硫或者同时把二氧化硫和可吸入颗粒物一起引进的时候，增加了对性别组人群入院人数的影响，降低了 15 到 65 岁之间的人群的影响，没有对剩余人员造成影响，在统计学方面对 15 到 65 岁之间的人群没有意义。

根据表 3-10 可以看出，可吸入颗粒物在单独引入二氧化硫后增加了对肺炎 65 岁之下人群入院人数的影响，减弱了剩余人群的影响；在统计学方面仅仅对性别组人群有意义。可吸入颗粒物在单独引入二氧化氮或者吧其和二氧化硫一同引入的情况下增加了 5 岁之上人群住院数的影响，没有对 15 到 65 岁之间的人造成影响，减弱了除此之外人数的影响；在统计学方面对全人群以及女性人群和 15 岁之下的人群没有意义。二氧化硫在单独引入二氧化氮或者把二氧化氮和可吸入颗粒物一同引入后增加了对 65 岁之上群体的住院人数，没有对性别组人群造成影响，减弱了此外群体的影响。在统计学方面对全人群以及男性群体和 15 岁以下的人群没有意义。二氧化氮在引入可吸入颗粒物后没有对男性群体住院数造成影响，减弱了剩余人群的影响；在统计学方面只对男性人群有意义。

二氧化氮在只引入二氧化硫或者和可吸入颗粒物一起引入的情况下没有对男性人群造成影响，减弱了剩余人群的影响；在统计学方面都没有意义。

根据表 3-10 能够看出，可吸入颗粒物在只引入二氧化氮后增加了对 COPD65 岁之下人群的影响，没有对其他人群造成影响；在统计学方面对女性和 65 岁之下人群有意义。可吸入颗粒物在只引入二氧化硫或者将二氧化氮一同引入的情况下减弱了对女性人群的影响，对其他人群没有造成什么影响；在统计学方面对 65 岁之下的群体有意义。二氧化硫在只引入可吸入颗粒物后减弱了除女性群体之外人群的影响；在统计学方面对男性人群和 65 岁之上人群没有意义。二氧化硫在只引入二氧化氮的情况下增加了对女性人群住院数的影响，减弱了对剩余人群的影响；在统计学方面对男性和 65 岁之上人群没有意义。二氧化硫在同时引入可吸入颗粒物以及二氧化氮后减弱了对全人群、男性、女性、年龄别人群的影响；同时在统计学方面对全人群以及男性还有 65 岁之上群体有意义。二氧化氮在只引入可吸入颗粒后减弱了对男性以及 65 岁之上群体住院数的影响，没有对其他人群造成影响；在统计学方面对男性没有意义。二氧化氮在只引入二氧化硫后减弱了对全人群、男性、女性以及年龄组人群住院数的影响；在统计学方面对女性和 65 岁之下的人群有意义。二氧化氮在引入可吸入颗粒物和二氧化硫后减弱了对全人群、男性、女性以及年龄组人群住院数的影响；在统计学方面只对 65 岁以下人群有意义。

居民呼吸系统疾病的不同和性别、年龄日入院人数在不同的污染物又引入其他污染物后造成了不同影响。可吸入颗粒物以及二氧化硫没有稳定的影响，而且多数情况下回减弱日住院人数，并且在统计学方面没有意义。疾病、性别以及年龄人群受到二氧化氮在引入其他污染物后的影响也不稳定。

表 3-8 URTI 日入院 RR 的双污染模型与多污染模型

类型	污染物 (滞后天)	单污染模型	滞后天数			
			PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	多污染模型
全人群	PM ₁₀ (2)	1.031 (1.001~1.063) *	—	1.025 (0.993~1.058)	1.024 (0.992~1.057)	1.022 (0.991~1.054)
	SO ₂ (4)	1.073 (1.018~1.130) *	1.041 (0.982~1.104)	—	0.980 (0.915~1.050)	0.980 (0.915~1.050)
	NO ₂ (4)	1.079 (1.010~1.153) *	1.077 (1.007~1.151) *	1.087 (1.006~1.174) *	—	1.085 (1.004~1.172) *
	PM ₁₀ (5)	1.046 (1.002~1.092) *	—	1.047 (1.002~1.094) *	1.047 (1.003~1.094) *	1.044 (1.001~1.088) *
男性	SO ₂ (4)	1.083 (1.004~1.168) *	1.051 (0.975~1.133)	—	1.007 (0.909~1.123)	0.986 (0.903~1.077)
	PM ₁₀ (4)	1.089 (1.002~1.184) *	1.089 (1.003~1.084) *	1.100 (1.002~1.203) *	—	1.119 (1.016~1.232) *
	PM ₁₀ (2)	1.048 (1.001~1.098) *	—	1.054 (1.008~1.104) *	1.056 (1.010~1.105) *	1.046 (0.999~1.096)
	NO ₂ (4)	1.103 (1.021~1.192) *	1.099 (1.016~1.188)	—	1.009 (0.910~1.119)	1.008 (0.909~1.118)
女性	NO ₂ (4)	1.102 (1.009~1.203) *	1.101 (1.008~1.203) *	1.129 (1.007~1.264) *	—	1.127 (1.005~1.263) *
	PM ₁₀ (2)	1.001 (0.870~1.153)	—	1.019 (0.995~1.045)	1.020 (0.995~1.045)	0.969 (0.839~1.120)
	SO ₂ (4)	1.254 (1.055~1.491) *	1.254 (1.055~1.491) *	—	1.031 (1.832~1.278)	1.030 (0.831~1.276)
	NO ₂ (4)	1.334 (1.077~1.654) *	1.406 (1.119~1.768) *	1.374 (1.038~1.819) *	—	1.378 (1.042~1.825) *
≥65 岁	PM ₁₀ (4)	1.048 (0.991~1.108)	—	1.042 (0.986~1.102)	1.049 (0.992~1.109)	1.048 (0.991~1.109)
	SO ₂ (6)	1.115 (1.010~1.231) *	1.111 (1.006~1.227) *	—	1.065 (0.973~1.166)	1.062 (0.969~1.163)
	NO ₂ (4)	1.107 (1.002~1.224) *	1.111 (1.007~1.227) *	1.080 (0.972~1.201)	—	1.086 (0.979~1.205)
	PM ₁₀ (2)	1.042 (1.006~1.080) *	—	1.057 (1.022~1.093) *	1.055 (1.021~1.091) *	1.055 (1.021~1.091) *
≤15 岁	SO ₂ (4)	1.079 (1.017~1.146) *	1.072 (1.005~1.137) *	—	1.020 (0.944~1.102)	1.019 (0.943~1.102)
	NO ₂ (4)	1.112 (1.039~1.190) *	1.108 (1.035~1.187) *	1.098 (1.008~1.197) *	—	1.095 (1.004~1.194) *

表 3-9 肺炎日入院 RR 的双污染模型与多污染模型

类别	污染物 (滞后天)	单污染模型	双污染模型			多污染模型
			PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	
全人群	PM ₁₀ (4)	1.050(1.013~1.088)*	—	1.014(0.976~1.054)	1.014(0.976~1.054)	1.014(0.976~1.054)
	SO ₂ (3)	1.085(1.002~1.175)*	1.054(0.975~1.138)	—	1.041(0.945~1.146)	1.040(0.944~1.146)
	NO ₂ (3)	1.089(1.001~1.184)*	1.054(0.962~1.155)	1.024(0.914~1.149)	—	1.025(0.914~1.150)
	PM ₁₀ (1)	1.053(1.005~1.101)*	—	1.021(1.001~1.041)*	1.003(0.953~1.055)	1.002(0.953~1.055)
男性	SO ₂ (5)	1.010(0.908~1.123)	1.057(1.018~1.098)*	—	1.009(0.908~1.122)	1.009(0.907~1.122)
	NO ₂ (3)	1.050(0.935~1.080)	1.054(1.011~1.098)*	1.049(0.934~1.178)	—	1.049(0.933~1.178)
	PM ₁₀ (5)	1.071(1.015~1.129)*	—	1.033(1.002~1.065)*	1.070(1.014~1.129)*	1.069(1.013~1.128)*
	SO ₂ (3)	1.126(1.000~1.267)*	1.027(0.964~1.093)	—	1.129(1.003~1.271)*	1.127(1.001~1.269)*
女性	NO ₂ (0)	1.160(1.014~1.327)*	1.101(0.945~1.281)	1.104(0.944~1.291)	—	1.098(0.939~1.284)
	PM ₁₀ (6)	1.053(0.921~1.201)	—	1.068(0.920~1.219)	1.077(0.935~1.240)	1.068(0.921~1.239)
	SO ₂ (2)	1.249(1.029~1.517)*	1.309(1.054~1.625)*	—	1.299(1.045~1.614)*	1.292(1.039~1.606)*
	NO ₂ (0)	1.253(1.007~1.564)*	1.159(0.907~1.480)	1.120(0.862~1.454)	—	1.121(0.863~1.456)
≥65 岁	PM ₁₀ (5)	1.085(1.004~1.173)*	—	1.063(0.981~1.156)	1.060(0.974~1.152)	1.066(0.982~1.158)
	SO ₂ (3)	1.244(1.000~1.547)*	1.240(1.020~1.508)*	—	1.233(1.011~1.506)*	1.229(1.006~1.500)*
	NO ₂ (4)	1.093(0.853~1.405)	1.083(0.858~1.311)	1.054(0.828~1.342)	—	1.064(0.836~1.354)
	PM ₁₀ (4)	1.056(1.015~1.099)*	—	0.990(0.953~1.046)	1.023 (0.987~1.086)	0.999(0.954~1.046)
≤15 岁	SO ₂ (3)	1.091(1.001~1.188)*	0.993(0.954~1.046)	—	1.069(0.947~1.206)	1.068(0.947~1.206)
	NO ₂ (3)	1.104(1.000~1.219)*	1.074(0.964~1.196)	1.023(0.888~1.178)	—	1.023(0.868~1.178)

注：*表示该天 RR 有统计意义，P<0.05

表 3-10 COPD 日入院 RR 的双污染模型与多污染模型

类型	污染物 (滞后天)	单污染模型	滞后天数			
			PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	多污染模型
全人群	PM ₁₀ (2)	1.016 (0.948~1.088)	—	1.019 (0.951~1.092)	1.019 (0.950~1.093)	1.016 (0.947~1.091)
	SO ₂ (2)	1.156 (1.007~1.326) *	1.144 (1.011~1.295)	—	1.069 (0.910~1.257)	1.066 (0.906~1.253)
	NO ₂ (2)	1.176 (1.010~1.369) *	1.177 (1.011~1.371) *	1.128 (0.935~1.361)	—	1.131 (0.937~1.365)
男性	PM ₁₀ (5)	1.018 (0.938~1.104)	—	1.020 (0.940~1.106)	1.018 (0.938~1.105)	1.020 (0.940~1.107)
	SO ₂ (1)	1.214 (1.024~1.440) *	1.106 (0.944~1.295)	—	1.083 (0.924~1.269)	1.094 (0.933~1.283)
	NO ₂ (2)	1.199 (1.031~1.393) *	1.141 (0.960~1.358) *	1.117 (0.936~1.333)	—	1.131 (0.949~1.349)
女性	PM ₁₀ (4)	1.134 (1.001~1.284) *	—	1.121 (0.980~1.283)	1.126 (1.004~1.263) *	1.113 (0.988~1.254)
	SO ₂ (2)	1.415 (1.104~1.815) *	1.418 (1.099~1.817)	—	1.431 (1.069~1.915) *	1.337 (1.015~1.761) *
	NO ₂ (2)	1.333 (1.023~1.737) *	1.329 (1.045~1.692) *	1.053 (1.015~1.092) *	—	1.145 (0.816~1.605)
≥65 岁	PM ₁₀ (2)	1.008 (0.927~1.097)	—	1.008 (0.927~1.097)	1.010 (0.995~1.045)	1.010 (0.927~1.100)
	SO ₂ (1)	1.192 (1.008~1.410) *	1.087 (0.932~1.269) *	—	1.076 (0.921~1.256) *	1.076 (0.921~1.256)
	NO ₂ (2)	1.163 (1.002~1.349) *	1.132 (0.954~1.343) *	1.122 (0.943~1.335)	—	1.123 (0.944~1.336)
<65 岁	PM ₁₀ (5)	1.121 (1.004~1.252) *	—	1.127 (1.012~1.255) *	1.133 (1.009~1.271)	1.124 (1.005~1.258) *
	SO ₂ (6)	1.462 (1.184~1.804) *	1.396 (1.172~1.664) *	—	1.443 (1.154~1.804) *	1.426 (1.181~1.722) *
	NO ₂ (5)	1.429 (1.122~1.819) *	1.432 (1.131~1.812) *	1.357 (1.059~1.739) *	—	1.238 (1.004~1.257) *

3.3 讨论

以广义相加模型的时间序列为基础的大气污染急性暴露的研究在上个世纪的 90 年就已经开始展开,而且对大气污染浓度影响居民健康的关系进行了初步的证实。对同一群人的反复研究和观察是时间序列方法的做法,所以说年龄的改变、社会因素等不是时间上的变量就排除在对大气污染研究健康效应之外^[59],这个点在时间序列上来说十分关键。呼吸系统会受到大气污染的直接伤害,对此全球的专家学者都有研究,大气污染影响的方面很多,从呼吸系统产生最初的症状到心肺疾病的门诊、入院的人数以及死亡率等。笔者所做的研究收集的数据是潮州市 2006 年初到 2008 年末的可吸入颗粒物,二氧化硫以及二氧化氮的日均浓度,以及因为呼吸方面的疾病而入院治疗的人数数量,对潮州市大气污染与居民呼吸系统疾病日入院人数变化的暴露-反应关系进行了谈到,而且应用了多污染以及单污染模型,其中前者的作用是对污染物的综合效应进行观察,但是其结果会出现标准差^[60],所以在统计学方面不具备太大的意义。

根据研究结果可以得出结论,潮州市居民因为呼吸系统疾病而入院治疗的人数和大气污染物的浓度水平有直接关系,当空气中增加一个 IQR 的可吸入颗粒物的时候,对全人群日住院人数来说呼吸系统疾病会增加 2.3 个百分点,URTI 会增加 3 个百分点,肺炎会增加 5 个百分点而 COPD 会增加 1.5 个百分点,但在统计学方面可吸入颗粒物对 COPD 全人群没有意义。当空气中增加一个 IQR 的二氧化硫的时候,对全人群日住院人数来说呼吸系统疾病会增加 3.7 个百分点,URTI 会增加 7.2 个百分点,肺炎会增加 8.5 个百分点而 COPD 会增加 15.5 个百分点,当空气中增加一个 IQR 的二氧化氮的时候,对全人群日住院人数来

说呼吸系统疾病会增加 3.7 个百分点，URTI 会增加 3.7 个百分点，肺炎会增加 7.8 个百分点而 COPD 会增加 17.9 个百分点，根据本研究的结果可以得知，对于湖州市大气污染物的增加对因呼吸系统疾病而入院的人数造成影响，空气中可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮浓度每立方米增加 10 微克的话，呼吸系统疾病全人群日入院人数危险性分别增加 0.5 个百分点、0.7 个百分点以及 3.4 个百分点；而 URTI 人数方面分别增加 0.6 个百分点、1.3 个百分点和 7.1 个百分点；在肺炎人数危险性分别增加：1.0 个百分点、1.6 个百分点以及 8.1 个百分点；在 COPD 方面人数分别增加 0.3 个百分点、2.9 个百分点和 15.9 个百分点，在统计学方面可吸入颗粒物对于 COPD 全人群方面没有意义，这个结果在同国内研究结果进行对比是相同的^[19-21]。当对比国外该领域的研究时候^[14, 16]，会发现这些不容易受到可吸入颗粒物的影响。在对大气污染和呼吸系统的疾病健康短期影响通过时间序列进行评估产生的结果会因为国家一级地区的不同而产生不同结果，这主要是因为不同大气污染物浓度或者一些其他因素造成，同时不同地区的医疗水平和人体健康也不一样，在对大气污染的敏感度方面不同的呼吸系统疾病也不一样，其中 COPD 最为敏感，肺炎其次，URTI 相对来说没有那么敏感，提出造成 COPD 最主要原因就是大气污染。

在年龄和性别来看，受到大气污染对呼吸系统疾病的影响有所不同，以 URTI 和肺炎疾病为例，65 岁之上的人群容易受到大气污染的危险，造成这种现象的原因是 65 岁以上的人随着年龄的老化，身体的免疫力和技能严重下降，自身的抵抗力也不足，而大气污染物中通常携带有一些有害物质，被这类人群吸入后容易产生疾病。Thurston^[62]根据自己的研究提出，如果发生可吸入颗粒物急性污染的情况下，有可能造成死亡率激增，例如 1952 发生在伦敦的烟雾时间，但是即便是在平常情况下，可吸入颗粒物的指数符合空气治疗标准，死亡率也和此具有一定的关系。如果在 24 小时内每立方米的可吸入颗粒物急速增加 100 微克，那么就有 1.05 到 1.1 的相对危险度，老年人和一些呼吸系统的病人更是具有很高的危险。王敏珍对大气污染物的二氧化硫和二氧化氮进行了研究，得出结论为女性和老年人对着两类污染比较敏感。对于 COPD 疾病来说，日入院人数 RR 值最高的是 65 岁以下的人，经过分析，主要原因和湖州市的地理位置有关，而那些 65 岁以上的人群平时往往都在家里，所以大气污染对他们没

有造成什么影响。此外，女性往往容易受到大气污染而引发呼吸系统级别，以美国为例：在 1979 年到 1993 年的死亡原因调查内，共计有 31314160 位死者，其中因为 COPD 而死亡的人数占到总人数的 8.2%，男性和女性增长的比例分别是 17.1%和 126.1%。由此可以得出女性更容易受到污染物的危害，主要原因可能是两类人群在身体结构上具有差异及其不同的生活环境。在入院人数方面，男性和女性的差异也比较大，对此会对模型的准确性和一些其他因素造成影响。

3.4 小 结

(1) 湖州市大气污染影响了湖州市居民因为呼吸系统出现疾病而住院的人数，可吸入颗粒物和二氧化硫以及二氧化氮在滞后天数上分别是 2 天、1 天或者 6 天、6 天。在 RR 值到达最大方面，URTI 在可吸入颗粒物和二氧化硫以及二氧化氮分别滞后 2 天和 4 天。肺炎疾病分别滞后天数在 4 到 5 天、3 天、当天或者 3 天。对 COPD 疾病的滞后天数分别问 4 天、1 到 2 天以及两天。

(2) 女性往往比较容易受到大气污染而引发的呼吸系统疾病，在 COPD 中，以 65 岁为界限，其中大于 65 岁人所受影响比 65 岁之下人所受影响要小。这种情况在肺炎和 URTI 中会出现相反的情况。

(3) 湖州市大气污染主要物浓度每当空气中的可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮浓度每立方米增加 10 微克的话，会增加 0.5 个百分点、0.7 个百分点和 3.4 个百分点的呼吸系统疾病全人群日入院人数；增加 0.6 个百分点、1.3 个百分点和 7.1 个百分点的 URTI 全人群日入院人数；会 1.0 个百分点、1.6 个百分点和 8.1 个百分点的增加肺炎全人群日日入院人数。在统计学方面可吸入颗粒物对 COPD 全人群没有意义。

第四章 大气污染对心脑血管疾病日入院人数的影响

4.1 资料与方法

4.1.1 疾病资料

心脑血管疾病日入院人数资料来源于潮州市某医院, 主要包括 2010 年 1 月 1 日-2012 年 12 月 31 日潮州市居民心脑血管疾病日入院人数数据。具体信息包括入院者性别、出生日期、死亡日期、死因等。心脑血管系统疾病由医院专业人员根据国际疾病分类标准第 10 版 (ICD-10) 进行分类^[54], 心血管疾病编码为 100-152, 脑血管疾病编码为 160-169, 并副除因意外、手术等人为原因造成的疾病。本研究包括的心脑血管疾病类别有缺血性心脏病 (IHD)、高血压和脑卒中。

4.1.2 大气污染资料

同第三章 3.1.2。

4.1.3 气象资料

同第三章 3.1.3。

4.1.4 分析方法

同第三章 3.1.4。

4.2 结果分析

4.2.1 描述性分析

4.2.1.1 大气污染物与气象因素的分布

同第三章 3.2.1.1。

4.2.1.2 疾病资料的描述性统计分析

潮州市某医院在 2010 年到 2012 年全年度因心脑血管方面的疾病而每天住院人数的分布在表 4-1 中可以看到。一共有 4262 人, 男性和女性分布有 2658 人和 1577 人, 比例为 1.7 比 1; 在年龄方面 65 岁以上的人群占到了总人数的

51%，而 65 岁之下的人群占到了 49%；其中人数最多的是高血压，占到了总数的 35.6%，然后就是 IHD 和脑卒中，这两项疾病分别占到了 23.4%和 12.2%。

表 4-1 湖州市 2010-2012 年呼吸与心脑血管疾病日入院人数的频数分布

疾病类别	性别、年龄	均数	最小值	P ₂₅	P ₇₅	IQR	最大值
心脑血管疾病	总数	3.9	0	2	6	4	20
	男	2.5	0	1	4	3	16
	女	1.4	0	0	2	2	14
	≥65 岁	2.0	0	0	3	3	16
	<65 岁	1.9	0	0	3	3	14
IHD	总数	1	0	0	2	2	10
	男	1	0	0	1	1	8
	女	1	0	0	1	1	8
	≥65 岁	1	0	0	1	1	6
	<65 岁	1	0	0	1	1	6
高血压	总数	1	0	0	2	1	12
	男	1	0	0	1	1	10
	女	0	0	0	0	0	4
	≥65 岁	1	0	0	1	1	6
	<65 岁	0	0	0	0	0	8
脑卒中	总数	0	0	0	1	1	6
	男	0	0	0	0	0	4
	女	0	0	0	0	0	4
	≥65 岁	0	0	0	0	0	4
	<65 岁	0	0	0	0	0	4

4.2.1.3 大气污染与气象因素的相关分析

同第三章 4.2.1.3。

4.2.2 大气污染与心脑血管疾病的模型拟合结果

4.2.2.1 单污染模型

根据表 4-2 到 4-2 以及图 4-1 到 4-4 中可以看到，可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮这种污染物在单污染模型下对居民这一方面的疾病入院人数有 0 到 6 天的滞后，居民受到心脑血管疾病入院人数的增加受到这些污染物增加的影响。

根据表 4-2 能够得出可吸入颗粒物和心脑血管疾病的全部人群，性别男女、年龄分别为 65 岁以上和 65 岁以下的日住院人数相关危险度的最大值会在当天到达。、RR (95%CI) 分别为 1.023 (1.001~1.046)、1.027 (1.002~1.053)、1.033

(1.001~1.066)、1.030 (1.003~1.058)、1.033 (1.003~1.064), 且均具有统计学意义; SO_2 与全人群和 ≥ 65 人群的日入院人数 RR 在滞后 3d、男性和 <65 岁人群在当天、女性人群在滞后 4d 达到最大值, 全人群、男女性、 ≥ 65 岁、 <65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.022 (0.980~1.066)、1.051 (1.010~1.094)、1.088 (1.022~1.157)、1.052 (1.003~1.104)、1.060 (1.001~1.123), 且对全人群无统计学意义; NO_2 与全人群和 ≥ 65 岁人群的日入院人数 RR 在滞后 3d、男性人群在滞后当天、女性和 <65 岁人群在滞后 5d 达到最大值, 全人群、男女性、 ≥ 65 岁、 <65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.036 (0.992~1.082)、1.070 (1.015~1.128)、1.020 (0.951~1.094)、1.058 (1.000~1.118)、1.061 (1.001~1.125), 且对全人群和女性人群无统计学意义外。

从表 4-3 可以看出, PM_{10} 与 IHD 全人群的日入院人数 RR 在当天、男性和 <65 岁人群在滞后 3d、女性和 ≥ 65 岁人群在滞后 2d 达到最大值, 全人群、男女性、 ≥ 65 岁、 <65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.050 (1.006~1.095)、1.044 (1.000~1.090)、1.085 (1.009~1.167)、1.052 (1.008~1.098)、1.041 (0.982~1.103), 且对 <65 岁人群无统计学意义; SO_2 与全人群和男性人群的日入院人数 RR 在滞后 2d、女性人群在滞后 1d、 ≥ 65 岁人群在滞后 3d、 <65 岁人群在滞后 6d 达到最大值, 全人群、男女性、 ≥ 65 岁、 <65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.071 (1.001~1.145)、1.035 (0.950~1.128)、1.056 (0.900~1.242)、1.100 (1.002~1.207)、1.088 (0.966~1.225), 仅对全人群和 ≥ 65 岁人群具有统计学意义; NO_2 与女性人群的日入院人数 RR 在滞后 5d、 ≥ 65 岁人群在滞后 3d, 其余人群均在当天达到最大值, 全人群、男女性、 ≥ 65 岁、 <65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.029 (0.934~1.133)、0.995 (0.895~1.105)、1.225 (1.042~1.439)、1.080 (0.965~1.209)、0.860 (0.749~0.986)。仅对女性人群具有统计学意义。

从表 4-4 可以看出, PM_{10} 与高血压全人群和 <65 岁人群的日入院人数 RR 均在滞后 1d、男性人群在滞后 2d、女性和 ≥ 65 岁在滞后 5d 达到最大值, 全人群、男女性、 ≥ 65 岁、 <65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.039 (1.002~1.077)、1.026 (0.982~1.072)、1.048 (1.000~1.099)、1.048 (1.002~1.097)、1.062 (1.012~1.114), 且对男性人群无统计学意义外; SO_2 与女性人群的日入院人数 RR 在滞后 4d、 ≥ 65 岁人群在滞后 6d、其余人群均在当天达到最大值, 全人群、

男女性、 ≥ 65 岁、 < 65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 (1.047~1.152)、1.030 (0.943~1.126)、1.125 (1.022~1.238)、1.050 (0.961~1.146)、1.125 (1.029~1.229)，且对男性和老年人群无统计学意义； NO_2 与全人群和男性人群的日入院人数 RR 在当天、女性和 < 65 岁人群在滞后 5d、 ≥ 65 人群在滞后 3d 达到最大值，全人群、男女性、 ≥ 65 、 < 65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.118 (1.059~1.180)、1.067 (0.971~1.173)、1.069 (0.964~1.187)、1.103 (1.003~1.212)、1.104 (1.008~1.210)，且对男性和女性人群无统计学意义。

从表 4-5 可以看出， PM_{10} 与脑卒中男性人群的日入院人数 RR 在滞后 4d、 < 65 岁人群在滞后 2d，其余人群均在滞后 5d 达到最大值，全人群、男女性、 ≥ 65 、 < 65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.060 (1.010~1.112)、1.061 (1.001~1.125)、1.213 (1.119~1.314)、1.085 (1.023~1.150)、1.089 (1.017~1.166)，且均具有统计学意义上的显著性； SO_2 与男性人群的日入院人数 RR 在滞后 2d、 ≥ 65 岁人群在滞后 6d、其余人群均在滞后 3d 达到最大值，全人群、男女性、 ≥ 65 、 < 65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.114 (1.003~1.237)、1.145 (1.002~1.307)、1.160 (0.968~1.390)、1.073 (0.943~1.220)、1.291 (1.114~1.496)，且对女性和 ≥ 65 岁人群无统计学意义； NO_2 与男性和 < 65 岁人群的日入院人数 RR 在滞后 4d、 ≥ 65 岁人群在滞后 1d、其余人群均在当天达到最大值，全人群、男女性、 ≥ 65 、 < 65 岁人群的 RR (95%CI) 分别为 1.115 (1.006~1.237)、1.071 (0.927~1.238)、1.150 (0.928~1.425)、1.040 (0.891~1.214)、1.225 (1.011~1.483)，仅对全人群和 ≥ 65 岁人群具有统计学意义。

表 4-2 大气污染影响心脑血管疾病日入院人数 RR 的单污染模型

污染物		滞后天数						
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5	lag6
PM ₁₀	全人群	1.024 (1.002~1.047)*	1.015 (0.991~1.039)	0.999 (0.977~1.023)	0.985 (0.960~1.010)	0.984 (0.960~1.008)	1.013 (0.990~1.036)	0.992 (0.969~1.016)
	性别 男	1.028 (1.003~1.054)*	1.033 (0.997~1.050)	1.019 (0.994~1.044)	0.971 (0.943~1.000)	0.993 (0.966~1.021)	1.008 (0.982~1.035)	1.003 (0.977~1.030)
	女	1.034 (1.002~1.067)*	1.007 (0.972~1.044)	0.974 (0.937~1.012)	1.023 (0.989~1.057)	0.990 (0.955~1.027)	1.020 (0.987~1.055)	0.976 (0.940~1.014)
	年龄 ≥65 岁	1.031 (1.004~1.059)*	1.012 (0.983~1.042)	0.989 (0.959~1.020)	1.008 (0.980~1.038)	0.983 (0.952~1.014)	1.029 (1.001~1.056)	1.005 (0.976~1.034)
	<65 岁	1.034 (1.004~1.065)*	1.026 (0.996~1.057)	1.018 (0.990~1.048)	0.970 (0.937~1.005)	1.000 (0.970~1.032)	0.992 (0.960~1.025)	0.982 (0.950~1.015)
	SO ₂ 全人群	1.013 (0.969~1.058)	1.014 (0.968~1.062)	0.986 (0.941~1.033)	1.023 (0.981~1.067)	1.011 (0.969~1.057)	0.975 (0.932~1.020)	0.984 (0.940~1.030)
SO ₂	性别 男	1.052 (1.011~1.095)*	0.997 (0.950~1.045)	1.024 (0.977~1.074)	0.954 (0.906~1.079)	0.957 (0.911~0.999)	0.957 (0.913~1.004)	0.953 (0.909~1.000)
	女	0.984 (0.920~1.052)	1.041 (0.972~1.114)	0.904 (0.842~0.972)	0.985 (0.921~1.052)	1.089 (1.023~1.158)	0.997 (0.934~1.064)	1.021 (0.957~1.090)
	年龄 ≥65 岁	0.999 (0.949~1.049)	1.000 (0.950~1.053)	1.017 (0.967~1.071)	1.053 (1.004~1.105)	1.001 (0.953~1.052)	0.961 (0.912~1.012)	0.975 (0.927~1.027)
	<65 岁	1.061 (1.002~1.124)*	1.033 (0.973~1.097)	0.951 (0.895~1.011)	0.969 (0.916~1.028)	1.001 (0.946~1.060)	0.985 (0.930~1.043)	0.976 (0.921~1.033)
	NO ₂ 全人群	1.027 (0.978~1.079)	1.024 (0.976~1.074)	0.942 (0.897~0.989)	1.037 (0.993~1.083)	0.966 (0.921~1.012)	1.009 (0.963~1.056)	0.973 (0.928~1.020)
	性别 男	1.071 (1.016~1.129)*	1.020 (0.968~1.075)	0.975 (0.924~1.029)	1.028 (0.977~1.081)	0.951 (0.902~1.003)	0.993 (0.942~1.046)	0.965 (0.913~1.020)
NO ₂	女	0.915 (0.844~0.992)	1.015 (0.943~1.092)	0.905 (0.838~0.977)	1.011 (0.942~1.085)	0.991 (0.922~1.065)	1.021 (0.952~1.095)	0.966 (0.898~1.039)
	年龄 ≥65 岁	1.0247 (0.966~1.088)	1.039 (0.981~1.100)	0.988 (0.931~1.048)	0.971 (1.001~1.119)	0.951 (0.917~1.029)	0.955 (0.891~1.008)	0.955 (0.900~1.012)
	<65 岁	1.018 (0.954~1.087)	0.997 (0.936~1.062)	0.913 (0.855~0.974)	0.984 (0.925~1.046)	0.957 (0.899~1.019)	1.062 (1.002~1.126)	0.987 (0.927~1.051)

表 4-3 大气污染影响 IHD 日入院人数 RR 的单污染模型

污染物		滞后天数						
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5	lag6
PM ₁₀	全人群	1.050 (1.006~1.095)*	0.992 (0.946~1.041)	1.023 (0.983~1.064)	1.025 (0.984~1.068)	0.987 (0.942~1.034)	0.984 (0.939~1.032)	0.950 (0.901~1.002)
	性别 男	1.038 (0.984~1.095)*	0.993 (0.934~1.051)	1.018 (0.971~1.067)	1.044 (1.000~1.090)*	1.038 (0.988~1.082)	1.015 (0.967~1.037)	0.981 (0.927~1.037)
	女	1.023 (0.934~1.119)	1.003 (0.925~1.088)	1.043 (1.009~1.167)*	0.993 (0.916~1.083)	0.830 (0.725~0.951)	0.894 (0.798~1.001)	0.896 (0.799~1.004)
	年龄 ≥65 岁	1.021 (0.960~1.086)	0.998 (0.943~1.057)	1.052 (1.008~1.098)*	1.018 (0.967~1.073)	0.996 (0.939~1.056)	0.945 (0.884~1.011)	0.932 (0.868~1.001)
	<65 岁	1.033 (0.973~1.097)	0.992 (0.922~1.068)	0.962 (0.890~1.041)	1.041 (0.982~1.103)	0.994 (0.929~1.065)	1.041 (0.982~1.105)	0.987 (0.919~1.060)
	SO ₂ 全人群	1.037 (0.954~1.127)	0.984 (0.901~1.075)	1.071 (1.001~1.145)*	1.018 (0.938~1.105)	1.025 (0.946~1.111)	0.921 (0.846~1.003)	0.895 (0.820~0.977)
SO ₂	性别 男	1.001 (0.919~1.090)	0.943 (0.862~1.032)	1.035 (0.950~1.128)	1.022 (0.940~1.111)	1.008 (0.925~1.097)	0.887 (0.807~0.974)	0.904 (0.824~0.991)
	女	0.999 (0.854~1.170)	1.056 (0.900~1.242)	1.020 (0.867~1.200)	0.950 (0.810~1.114)	1.011 (0.865~1.181)	1.007 (0.863~1.175)	0.852 (0.718~1.013)
	年龄 ≥65 岁	0.997 (0.900~1.105)	0.986 (0.889~1.093)	1.063 (0.961~1.175)	1.000 (1.002~1.207)*	1.041 (0.944~1.149)	0.906 (0.814~1.008)	0.917 (0.824~1.021)
	<65 岁	1.047 (0.939~1.168)	0.994 (0.883~1.118)	1.043 (0.931~1.170)	0.935 (0.836~1.052)	1.015 (0.908~1.134)	0.986 (0.880~1.104)	1.088 (0.966~1.225)
	NO ₂ 全人群	1.029 (0.934~1.133)	0.994 (0.904~1.093)	1.033 (0.941~1.135)	0.973 (0.887~1.068)	0.898 (0.817~0.987)	0.926 (0.843~1.017)	0.906 (0.824~0.997)
	性别 男	0.995 (0.895~1.105)	0.975 (0.881~1.079)	0.991 (0.895~1.096)	0.973 (0.880~1.074)	0.895 (0.808~0.992)	0.847 (0.761~0.942)	0.911 (0.821~1.011)
NO ₂	女	1.026 (0.844~1.247)	1.042 (0.867~1.253)	1.135 (0.948~1.359)	1.002 (0.833~1.205)	0.924 (0.766~1.114)	1.225 (1.042~1.439)*	0.902 (0.745~1.093)
	年龄 ≥65 岁	0.973 (0.857~1.105)	0.995 (0.882~1.122)	1.073 (0.954~1.207)	1.080 (0.965~1.209)	0.934 (0.828~1.054)	0.896 (0.793~1.030)	0.936 (0.829~1.057)
	<65 岁	1.052 (0.923~1.200)	1.008 (0.883~1.152)	0.990 (0.865~1.132)	0.860 (0.749~0.966)	0.873 (0.762~1.002)	0.985 (0.864~1.124)	0.874 (0.760~1.005)

注：*表示该天 RR 有统计学意义，P<0.05

表 4-4 大气污染影响高血压疾病日入院人数 RR 的单污染模型

污染物		滞后天数						
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5	lag6
PM ₁₀	全人群	1.051 (1.007-1.096)	0.993 (0.947-1.042)	1.024 (0.984-1.065)	1.026 (0.985-1.069)	0.988 (0.943-1.035)	0.985 (0.940-1.033)	0.951 (0.902-1.003)
	男	1.039 (0.985-1.096)	0.994 (0.939-1.052)	1.019 (0.972-1.068)	1.045 (1.001-1.091)	1.039 (0.989-1.083)	1.016 (0.968-1.038)	0.982 (0.928-1.038)
	女	1.024 (0.937-1.120)	1.004 (0.926-1.089)	1.086 (1.100-1.678)	0.994 (0.911-1.084)	0.831 (0.726-0.952)	0.894 (0.799-1.002)	0.897 (0.800-1.005)
	≥65 岁	1.022 (0.961-1.087)	0.999 (0.944-1.058)	1.053 (1.009-1.099)	1.019 (0.968-1.074)	0.997 (0.940-1.057)	0.946 (0.885-1.012)	0.932 (0.869-1.002)
	<65 岁	1.034 (0.937-1.098)	0.993 (0.923-1.069)	0.963 (0.891-1.042)	1.042 (0.983-1.104)	0.995 (0.930-1.066)	1.042 (0.983-1.106)	0.988 (0.920-1.061)
	全人群	1.038 (0.955-1.128)	0.985 (0.902-1.076)	1.072 (1.002-1.146)	1.109 (0.939-1.106)	1.026 (0.947-1.112)	0.922 (0.847-1.004)	0.896 (0.821-0.978)
	男	1.002 (0.920-1.091)	0.944 (0.863-1.033)	1.036 (0.951-1.129)	1.023 (0.941-1.112)	1.009 (0.926-1.098)	0.888 (0.808-0.975)	0.905 (0.824-0.992)
	女	1 (0.855-1.071)	1.057 (0.901-1.243)	1.021 (0.868-1.201)	0.952 (0.811-1.114)	1.012 (0.866-1.182)	1.008 (0.864-1.176)	0.853 (0.719-1.014)
	≥65 岁	0.998 (0.901-1.106)	0.987 (0.890-1.094)	1.064 (0.962-1.176)	1.001 (1.003-1.208)	1.042 (0.945-1.150)	0.907 (0.815-1.009)	0.918 (0.825-1.022)
SO ₂	<65 岁	1.048 (0.940-1.169)	0.995 (0.884-1.119)	1.043 (0.932-1.171)	0.936 (0.831-1.053)	1.106 (0.909-1.135)	0.987 (0.881-1.105)	1.089 (0.967-1.226)
	全人群	1.03 (0.935-1.134)	0.995 (0.905-1.094)	1.034 (0.942-1.136)	0.974 (0.888-1.069)	0.899 (0.817-0.988)	0.927 (0.844-1.018)	0.907 (0.825-0.998)
	男	0.996 (0.896-1.106)	0.976 (0.882-1.080)	0.992 (0.896-1.097)	0.97 (0.881-1.075)	0.896 (0.809-0.993)	0.848 (0.762-0.943)	0.912 (0.822-1.012)
	女	1.027 (0.845-1.248)	1.043 (0.868-1.254)	1.136 (0.949-1.360)	1.003 (0.834-1.206)	0.924 (0.767-1.115)	1.226 (1.043-1.440)	0.903 (0.746-1.094)
	≥65 岁	0.974 (0.858-1.106)	0.996 (0.883-1.123)	1.074 (0.955-1.208)	1.081 (0.966-1.211)	0.935 (0.829-1.055)	0.897 (0.794-1.031)	0.937 (0.830-1.058)
	<65 岁	1.053 (0.923-1.201)	1.008 (0.884-1.154)	0.991 (0.866-1.133)	0.861 (0.750-0.987)	0.873 (0.763-1.003)	0.986 (0.864-1.125)	0.875 (0.761-1.006)
	全人群	1.03 (0.935-1.134)	0.995 (0.905-1.094)	1.034 (0.942-1.136)	0.974 (0.888-1.069)	0.899 (0.817-0.988)	0.927 (0.844-1.018)	0.907 (0.825-0.998)
	男	0.996 (0.896-1.106)	0.976 (0.882-1.080)	0.992 (0.896-1.097)	0.97 (0.881-1.075)	0.896 (0.809-0.993)	0.848 (0.762-0.943)	0.912 (0.822-1.012)
	女	1.027 (0.845-1.248)	1.043 (0.868-1.254)	1.136 (0.949-1.360)	1.003 (0.834-1.206)	0.924 (0.767-1.115)	1.226 (1.043-1.440)	0.903 (0.746-1.094)
NO ₂	≥65 岁	0.974 (0.858-1.106)	0.996 (0.883-1.123)	1.074 (0.955-1.208)	1.081 (0.966-1.211)	0.935 (0.829-1.055)	0.897 (0.794-1.031)	0.937 (0.830-1.058)
	<65 岁	1.053 (0.923-1.201)	1.008 (0.884-1.154)	0.991 (0.866-1.133)	0.861 (0.750-0.987)	0.873 (0.763-1.003)	0.986 (0.864-1.125)	0.875 (0.761-1.006)

表 4-5 大气污染影响大脑卒中疾病日入院人数 RR 的单污染模型

污染物		滞后天数					
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5
PM ₁₀	全人群	0.992 (1.007-1.096)*	1.04 (0.947-1.042)	1.02 (0.984-1.065)	0.995 (0.985-1.069)	0.986 (0.943-1.035)	1.022 (0.940-1.033)
	男	0.976 (0.985-1.096)	1.023 (0.939-1.052)	1.027 (0.972-1.068)	0.947 (1.001-1.091)*	0.975 (0.989-1.083)	1.005 (0.968-1.038)
	女	1.021 (0.937-1.120)	1.031 (0.926-1.089)	0.998 (1.100-1.678)*	1.031 (0.911-1.084)	0.997 (0.726-0.952)	1.214 (0.799-1.002)
	≥65 岁	0.941 (0.961-1.087)	0.983 (0.944-1.058)	0.928 (1.009-1.099)*	0.891 (0.968-1.074)	1.016 (0.940-1.057)	1.086 (0.885-1.012)
	<65 岁	1.061 (0.937-1.098)	0.986 (0.923-1.069)	1.091 (0.891-1.042)	0.969 (0.983-1.104)	1.002 (0.930-1.066)	0.951 (0.983-1.106)
	全人群	1.018 (0.955-1.128)	0.995 (0.902-1.076)	1.046 (1.002-1.146)*	1.115 (0.939-1.106)	0.982 (0.947-1.112)	0.881 (0.847-1.004)
	男	1.053 (0.920-1.091)	1.019 (0.863-1.033)	1.146 (0.951-1.129)	1.091 (0.941-1.112)	1.021 (0.926-1.098)	0.897 (0.808-0.975)
	女	0.966 (0.855-1.071)	0.952 (0.901-1.243)	0.945 (0.868-1.201)	1.161 (0.811-1.114)	0.858 (0.866-1.182)	1.003 (0.864-1.176)
	≥65 岁	1.029 (0.901-1.106)	0.949 (0.890-1.094)	0.986 (0.962-1.176)	1.016 (1.003-1.208)*	0.951 (0.945-1.150)	0.866 (0.815-1.009)
	<65 岁	1.048 (0.940-1.169)	1.119 (0.884-1.119)	1.205 (0.932-1.171)	1.292 (0.831-1.053)	1.054 (0.909-1.135)	0.896 (0.881-1.105)
	全人群	1.03 (0.935-1.134)	1.106 (0.905-1.094)	1.028 (0.942-1.136)	1.047 (0.888-1.069)	1.031 (0.817-0.988)	0.909 (0.844-1.018)
	男	0.996 (0.896-1.106)	1.071 (0.882-1.080)	1.069 (0.896-1.097)	1.074 (0.881-1.075)	0.889 (0.809-0.993)	0.937 (0.762-0.943)
SO ₂	女	1.027 (0.845-1.248)	0.878 (0.868-1.254)	0.951 (0.949-1.360)	0.891 (0.834-1.206)	0.806 (0.767-1.115)	1.044 (1.043-1.440)
	≥65 岁	1.034 (0.858-1.106)	1.041 (0.883-1.123)	1.031 (0.955-1.208)	0.975 (0.966-1.211)	1.033 (0.829-1.055)	0.815 (0.794-1.031)
	<65 岁	1.199 (0.923-1.201)	1.028 (0.884-1.154)	1.082 (0.866-1.133)	0.986 (0.750-0.987)	1.002 (0.763-1.003)	0.882 (0.864-1.125)
	全人群	1.03 (0.935-1.134)	1.106 (0.905-1.094)	1.028 (0.942-1.136)	1.047 (0.888-1.069)	1.031 (0.817-0.988)	0.909 (0.844-1.018)
	男	0.996 (0.896-1.106)	1.071 (0.882-1.080)	1.069 (0.896-1.097)	1.074 (0.881-1.075)	0.889 (0.809-0.993)	0.937 (0.762-0.943)
	女	1.027 (0.845-1.248)	0.878 (0.868-1.254)	0.951 (0.949-1.360)	0.891 (0.834-1.206)	0.806 (0.767-1.115)	1.044 (1.043-1.440)
	≥65 岁	1.034 (0.858-1.106)	1.041 (0.883-1.123)	1.031 (0.955-1.208)	0.975 (0.966-1.211)	1.033 (0.829-1.055)	0.815 (0.794-1.031)
	<65 岁	1.199 (0.923-1.201)	1.028 (0.884-1.154)	1.082 (0.866-1.133)	0.986 (0.750-0.987)	1.002 (0.763-1.003)	0.882 (0.864-1.125)
	全人群	1.03 (0.935-1.134)	1.106 (0.905-1.094)	1.028 (0.942-1.136)	1.047 (0.888-1.069)	1.031 (0.817-0.988)	0.909 (0.844-1.018)
	男	0.996 (0.896-1.106)	1.071 (0.882-1.080)	1.069 (0.896-1.097)	1.074 (0.881-1.075)	0.889 (0.809-0.993)	0.937 (0.762-0.943)
	女	1.027 (0.845-1.248)	0.878 (0.868-1.254)	0.951 (0.949-1.360)	0.891 (0.834-1.206)	0.806 (0.767-1.115)	1.044 (1.043-1.440)
	≥65 岁	1.034 (0.858-1.106)	1.041 (0.883-1.123)	1.031 (0.955-1.208)	0.975 (0.966-1.211)	1.033 (0.829-1.055)	0.815 (0.794-1.031)
	<65 岁	1.199 (0.923-1.201)	1.028 (0.884-1.154)	1.082 (0.866-1.133)	0.986 (0.750-0.987)	1.002 (0.763-1.003)	0.882 (0.864-1.125)

注：*表示该天 RR 有统计学意义，P<0.05。

4.2.2.2 多污染模型

对于大气污染对居民心脑血管疾病日入院人数的影响，需要借助单污染模型以及双污染和多污染模型，要把在统计学方面有意义的相关内容引入其中。具体的结果可以看表 4-6 到 4-9。

通过观察表 4-6 可以得出结论，可吸入颗粒物在只引入二氧化硫后降低了对心脑血管疾病男性以及 65 岁以下人群住院数量的影响，而对剩余的人群没有

什么影响；在统计学方面仅对全人群和女性人群有意义。可吸入颗粒物在只引进二氧化氮或者把二氧化硫也一同引进的情况下会减弱对男性以及 65 岁之下人群入院数量的影响，对剩余的人群没有什么影响；在统计学方面只对全人群、女性人群以及 65 岁之上的人群有意义。二氧化硫在只引入可吸入颗粒物后减弱了对男性和 65 岁以下人群入院数量的影响，而对剩余的人群没有影响；在统计学方面只对女性和 65 岁以上的人群有意义。二氧化硫在只引入二氧化氮或者和可吸入颗粒物一同引入的话会减弱对男性人群以及年龄组人群入院人数的影响，对其他群体没有影响；在统计学方面只对 65 岁及以下人群有意义。二氧化氮在只引入可吸入颗粒物后不会对全人群以及男性群体、女性群体以及年龄群体的影响；而且在统计学方面对女性群体和全人群没有意义。二氧化氮在只引入二氧化硫或者和可吸入颗粒物一起引入的情况下减弱了对 65 岁及以上人群入院人数的影响，对其他人群没有影响；在统计学方面只对男性人群和 65 岁以下人群有统计学意义。

通过观察表 4-7 可以得出结论，可吸入颗粒物在只引入二氧化硫后减弱了对 IHD 女性以及 65 岁之下人群的影响，增加了对 65 岁及以上人群的影响，对剩余人群没有影响；在统计学方面只对男性和 65 岁以上人群有意义。可吸入颗粒物在只引入二氧化氮或者和二氧化硫一同引入后降低了对女性和 65 岁及以下人群的影响，对其他人群影响没有变化；在统计学方面只对男性和 65 岁以上人群有意义。二氧化硫在只引入可吸入颗粒物后增加了对男性人群日入院人数的影响，减弱了剩余人群的影响；在统计学方面这些人群都没有意义。二氧化硫在只引入二氧化氮或者和可吸入颗粒物一同引入后不会对男性人群日入院数造成影响，对剩余人群的影响有所减弱；在统计学方面这些群体都没有意义。二氧化氮在只引入可吸入颗粒物后增加了对男性人群日入院人数的影响，减弱了对女性人群的影响；在统计学方面这些群体都没有意义。二氧化氮在只引入二氧化硫后减弱了对 65 岁以上人群的影响，对其余人群没有造成影响；在统计学方面这些群体都没有意义。二氧化氮在引入可吸入颗粒物和二氧化硫后增加了对男性和 65 岁之下人群的影响，减弱了对女性和 65 岁以上人群的影响，对全人群没有太大影响；在统计学方面这些都没有意义。

根据表 4-8 可以得出结论，可吸入颗粒物在只引入二氧化硫后会减弱对高血压全人群和女性人群入院的影响，而对年龄组和男性组人群太大的影响；在统计学方面仅年龄组人群有意义。二氧化硫在只引入可吸入颗粒物后会减弱对全人群住院人数的影响，而对剩余的人群没有影响；在统计学方面仅对女性和 65 岁之下人群有意义。二氧化硫在可吸入颗粒物和二氧化氮同时引入后会增加对 65 岁以下人群的影响，减弱对其他人的影响，对女性影响没有变化；在统计学方面只对女性和 65 岁以下人群有意义。二氧化氮在只引入可吸入颗粒物后会减弱对全人群入院人数的影响，不对其他的人造成额外影响；在统计学方面支队年龄组的人有意义。二氧化氮在只引入二氧化硫或同时引入二氧化硫和可吸入颗粒物后会减弱出男性人群以外入院人数的影响；在统计学方面这些对象都没有意义。

根据表 4-9 可以得出结论，对脑卒中病而言，可吸入颗粒物在只引入二氧化硫后会减弱对男性以及 65 岁之下人群入院的影响，而对剩余的人没有造成太大的影响；在统计学方面男性人群没有意义。可吸入颗粒物在只引入二氧化氮或者将其和二氧化硫一起引入的情况下会减弱对男性以及 65 岁以下入院人数的影响，而对剩余的人没有造成太大的影响；在统计学方面男性和 65 岁之下的人群没有意义。二氧化硫在只引入可吸入颗粒物的情况下会增加全人群入院人数的影响，减弱对男性以及 65 岁之上人群的影响，而对女性以及 65 岁之下人群没有造成影响；在统计学方面支队全人群后 65 岁之下的人有意义。二氧化硫在只引入二氧化氮或者将其和可吸入颗粒物一起引入的情况下会减弱对全人群以及男性入院人数的影响，增加对 65 岁之下人群的影响，而对女性以及 65 岁之上的人群没有造成太大的影响；在统计学方面只对 65 岁之下的人群有意义。二氧化氮在只引入二氧化硫或者将其可吸入颗粒物一起引入的情况下会增加对 65 岁以下入院人数的影响，减弱除男性人群以外群体的影响；在统计学方面对 65 岁之下的人群有意义。

对于居民的心脑血管疾病的类型来说，在引入不同的污染物之后，对其性别、年龄组的入院人数也不一样，不容疾病的群体受到可吸入颗粒物的影响并不稳定，日入院人数在引入其他污染物后并没有太大的变化或者仅仅有所降低。在 IHD 方面，在二氧化硫和二氧化氮在引入其他污染物后对性别、年龄不同的

群体都没有统计学意义。二氧化氮在引入其他污染物后对全人群以及女性人群在统计学方面没有意义。

4.3 讨论

目前来说,国外对于大气污染和心脑血管疾病间存在关系研究已经相当普遍,对于两者之间关系的研究在大部分国家和地区都已经大量开展。本次研究的资料为2006年到2008年两个整年内因心脑血管系统疾病日入院人数和潮州市大气污染物的日平均浓度,对两者之间变化的暴露-反应关系进行了谈到,研究过程中使用了多污染模型以及单污染模型,观察污染物的综合效益选用的就是后者,不过这种模型存在一定的不足,对于结果造成一定的误差,所以一般没有统计学的意义。

表 4-6 心脑血管疾病日入院的双污染模型与多污染模型

污染物		滞后天数						
		lag0	lag1	lag2	lag3	lag4	lag5	lag6
PM ₁₀	全人群	0.964	0.976	0.992	0.931	1.011	1.061	1.008
		(0.901-1.031)*	(0.947-1.042)	(0.984-1.065)	(0.863-1.069)	(0.943-1.135)	(0.940-1.133)	(0.902-1.013)
	男	1.018	0.994	1.019	1.045	1.039	1.016	0.982
		(0.933-1.110)	(0.939-1.052)	(0.972-1.068)	(1.001-1.091)*	(0.989-1.083)	(0.968-1.038)	(0.928-1.038)
	女	0.975	1.002	1.086	0.994	0.831	0.894	0.897
		(0.853-1.114)	(0.926-1.089)	(1.100-1.678)*	(0.911-1.084)	(0.726-0.952)	(0.799-1.002)	(0.800-1.005)
	>=65 岁	0.94	0.943	1.053	1.019	0.997	0.946	0.932
		(0.848-1.042)	(0.944-1.058)	(1.009-1.099)*	(0.968-1.074)	(0.940-1.057)	(0.885-1.012)	(0.869-1.002)
	<65 岁	1.061	0.983	0.963	1.042	0.995	1.042	0.988
		(0.923-1.123)	(0.923-1.069)	(0.891-1.042)	(0.983-1.104)	(0.930-1.066)	(0.983-1.106)	(0.920-1.061)
	全人群	1.018	0.986	1.072	1.109	1.026	0.922	0.896
		(0.955-1.128)	(0.902-1.076)	(1.002-1.146)*	(0.939-1.106)	(0.947-1.112)	(0.847-1.004)	(0.821-0.978)
SO ₂	男	1.053	0.995	1.036	1.023	1.009	0.888	0.905
		(0.920-1.182)	(0.863-1.033)	(0.951-1.129)	(0.941-1.112)	(0.926-1.098)	(0.808-0.975)	(0.824-0.992)
	女	0.966	1.019	1.021	0.952	1.012	1.008	0.853
		(0.855-1.194)	0.901-1.244)	(0.868-1.201)	(0.811-1.114)	(0.866-1.182)	(0.864-1.176)	(0.719-1.014)
	>=65 岁	1.029	0.52	1.064	1.001	1.042	0.907	0.918
		(0.901-1.106)	(0.890-1.094)	(0.962-1.176)	(1.003-1.208)*	(0.945-1.150)	(0.815-1.009)	(0.825-1.022)
	<65 岁	1.023	0.949	1.043	0.936	1.106	0.987	1.089
		(0.940-1.169)	(0.884-1.119)	(0.932-1.171)	(0.831-1.053)	(0.909-1.135)	(0.881-1.105)	(0.967-1.226)
	全人群	1.116	1.016	1.034	0.974	0.899	0.927	0.907
		(0.935-1.134)	(0.900-1.147)	(0.942-1.136)	(0.888-1.069)	(0.817-0.988)	(0.844-1.018)	(0.825-0.998)
	男	1.072	1.072	0.992	0.97	0.896	0.848	0.912
		(0.896-1.106)	(0.932-1.233)	(0.896-1.097)	(0.881-1.075)	(0.809-0.993)	(0.762-0.943)	(0.822-1.012)
	女	1.151	0.847	1.136	1.003	0.924	1.226	0.903

年龄	>=65 岁	(0.846-1.249)	(0.651-1.102)	(0.949-1.360)	(0.834-1.206)	(0.767-1.115)	(1.043-1.440)	(0.746-1.094)
		1.034	1.041	1.074	1.081	0.935	0.897	0.937
		(0.859-1.107)	(0.873-1.124)	(0.955-1.208)	(0.966-1.211)	(0.829-1.055)	(0.794-1.031)	(0.830-1.058)
	<65 岁	1.223	1.028	0.991	0.861	0.873	0.986	0.875
		(1.012-1.484)	(0.885-1.155)	(0.866-1.133)	(0.750-0.987)	(0.763-1.003)	0.864-1.125)	(0.761-1.006)

注：*表示该天 RR 有统计学意义，P<0.05。

表 4-7 IHD 日入院 RR 的双污染模型与多污染模型

类别	污染物（滞后天）	单污染模型	双污染模型			多污染模型
			PM ₃₀	SO ₂	NO ₂	
全人群	PM ₃₀ (1)	1.051 (1.007~1.096)	—	1.032 (0.984~1.081)	1.033 (0.985~1.082)	1.032 (0.984~1.081)
	SO ₂ (0)	1.072(1.002~1.146)	1.062(0.976~1.157)	—	1.062(0.976~1.157)	1.062(0.975~1.156)
	NO ₂ (0)	1.030(0.935~1.134)	1.029(0.934~1.133)	1.026(0.931~1.131)	—	1.026(0.931~1.130)
男性	PM ₃₀ (1)	1.045 (1.001~1.091)	—	1.045(1.001~1.090)	1.045 (1.001~1.091)	1.045(1.002~1.090)
	SO ₂ (0)	1.036 (0.951~1.129)	1.047 (0.966~1.135)	—	1.038 (0.951~1.133)	1.044 (0.961~1.134)
	NO ₂ (0)	0.996 (0.896~1.106)	1.026(0.932~1.130)	0.986 (0.886~1.098)	—	1.013 (0.916~1.120)
女性	PM ₃₀ (5)	1.086 (1.010~1.168)	—	1.047 (0.977~1.121)	1.052 (0.982~1.126)	1.051 (0.981~1.124)
	SO ₂ (4)	1.057 (0.901~1.243)	1.053 (0.895~1.238)	—	1.049 (0.891~1.234)	1.045 (0.888~1.229)
	NO ₂ (5)	1.226 (1.043~1.440)	0.903 (0.745~1.904)	0.907 (0.749~1.098)	—	0.906 (0.748~1.908)
≥65 岁	PM ₃₀ (5)	1.053 (1.009~1.009)	—	1.065(1.023~1.108)	1.054 (1.009~1.100)	1.054 (1.011~1.099)
	SO ₂ (3)	1.089 (0.967~1.226)	0.913 (0.836~0.997)	—	0.898 (0.810~0.995)	0.894 (0.807~0.990)
	NO ₂ (3)	1.081 (0.966~1.210)	1.082(0.966~1.211)	1.068 (0.962~1.186)	—	1.070 (0.964~1.189)
<65 岁	PM ₃₀ (1)	1.042 (0.983~1.104)	—	1.044 (0.986~1.106)	1.043 (0.984~1.106)	1.046 (0.987~1.107)
	SO ₂ (0)	1.245 (1.001~1.548)	0.931 (0.827~1.048)	—	0.931 (0.827~1.049)	0.926 (0.823~1.042)
	NO ₂ (5)	1.053 (0.924~1.201)	1.056 (0.927~1.204)	1.060 (0.930~1.208)	—	1.065 (0.935~1.213)

表 4-8 高血压日入院 RR 的双污染模型与多污染模型

类别	污染物（滞后天）	单污染模型	双污染模型			多污染模型
			PM ₃₀	SO ₂	NO ₂	
全人群	PM ₃₀ (1)	1.039 (1.011~1.113)	—	1.029 (1.025~1.268)	1.030 (1.011~1.114)	1.029 (1.010~1.112)
	SO ₂ (0)	1.099(1.004~1.238)	1.048(1.025~1.268)	—	1.030(0.985~1.194)	1.029(0.981~1.189)
	NO ₂ (0)	1.119(1.007~1.238)	1.058(1.025~1.268)	1.040(0.953~1.216)	—	1.042(0.951~1.127)
男性	PM ₃₀ (1)	1.022 (1.002~1.268)	—	1.022(1.025~1.268)	1.024 (0.963~1.094)	1.024(1.004~1.238)
	SO ₂ (0)	1.0.30 (1.003~1.308)	1.029 (0.943~1.108)	—	0.998 (0.893~1.308)	1.095 (0.963~1.094)
	NO ₂ (0)	1.068 (1.005~1.309)	1.069(1.004~1.238)	1.096 (0.963~1.094)	—	1.070 (0.963~1.194)
女性	PM ₃₀ (5)	1.049 (1.007~1.408)	—	1.035 (0.977~1.312)	1.036 (1.127~1.342)	1.036 (1.110~1.493)
	SO ₂ (4)	1.126 (1.003~1.307)	1.126 (0.968~1.340)	—	1.119 (0.968~1.390)	1.119 (0.968~1.346)
	NO ₂ (5)	1.049 (1.004~1.308)	1.1072 (1.001~1.308)	1.056 (1.007~1.309)	—	1.058 (0.948~1.348)
≥65 岁	PM ₃₀ (5)	1.091 (0.963~1.095)	—	1.052(0.932~1.138)	1.049 (0.943~1.108)	1.059 (0.943~1.108)
	SO ₂ (3)	1.104 (0.963~1.095)	1.088 (0.943~1.108)	—	1.034 (1.003~1.308)	1.045 (0.963~1.094)
	NO ₂ (3)	1.063 (0.963~1.096)	1.110(1.004~1.238)	1.082 (0.943~1.108)	—	
<65 岁	PM ₃₀ (1)	1.126 (0.965~1.097)	—	1.062 (0.983~1.118)	1.056 (1.003~1.308)	1.056 (0.963~1.097)

表 4-9 脑卒中疾病日入院 RR 的双污染模型与多污染模型

类别	污染物 (滞后天)	单污染模型	双污染模型			多污染模型
			PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	
全人群	PM ₁₀ (5)	1.061 (1.011~1.113)	—	1.071 (1.025~1.268)	1.061 (1.011~1.114)	1.060 (1.010~1.112)
	SO ₂ (3)	1.115(1.004~1.238)	1.140(1.025~1.268)	—	1.084(0.985~1.194)	1.080(0.981~1.189)
	NO ₂ (0)	1.116(1.007~1.238)	1.092(1.025~1.268)	1.076(0.953~1.216)	—	1.075(0.951~1.127)
男性	PM ₁₀ (4)	1.062 (1.002~1.268)	—	1.022(1.025~1.268)	1.027 (0.963~1.094)	1.025(1.004~1.238)
	SO ₂ (2)	1.146 (1.003~1.308)	1.094 (0.943~1.108)	—	1.092 (1.003~1.308)	1.090 (0.963~1.094)
	NO ₂ (4)	1.102 (1.005~1.309)	1.105(1.004~1.238)	1.096 (0.963~1.094)	—	1.099 (0.963~1.194)
女性	PM ₁₀ (5)	1.214 (1.007~1.408)	—	1.211 (1.117~1.312)	1.214 (1.127~1.342)	1.211 (1.110~1.493)
	SO ₂ (3)	1.161 (1.003~1.307)	1.157 (0.968~1.340)	—	1.155 (0.968~1.390)	1.152 (0.968~1.346)
	NO ₂ (0)	1.151 (1.004~1.308)	1.141 (1.001~1.308)	1.143 (1.007~1.309)	—	1.134 (0.948~1.348)
≥65 岁	PM ₁₀ (6)	1.086 (0.963~1.095)	—	1.084(0.932~1.138)	1.086 (0.943~1.108)	1.084 (0.943~1.108)
	SO ₂ (5)	1.074 (0.963~1.095)	1.061 (0.943~1.108)	—	1.071 (1.003~1.308)	1.078 (0.963~1.094)
	NO ₂ (1)	1.041 (0.963~1.096)	1.042(1.004~1.238)	1.025 (0.943~1.108)	—	1.032 (0.963~1.096)
<65 岁	PM ₁₀ (2)	1.090 (0.965~1.097)	—	1.052 (0.983~1.118)	1.054 (1.003~1.308)	1.057 (0.963~1.097)
	SO ₂ (3)	1.292 (1.110~1.493)	1.287 (1.110~1.493)	—	1.348 (1.155~1.572)	1.343 (1.155~1.568)
	NO ₂ (0)	1.226 (1.110~1.503)	1.215 (1.110~1.494)	1.241 (1.110~1.493)	—	1.237 (1.117~1.312)

研究结果表明，湖州市大气污染物 PM₁₀、SO₂、NO₂ 的浓度水平与心脑血管疾病的日入院人数有关。当 PM₁₀ 浓度每增加一个 IQR，心脑血管疾病、IHD、高血压、脑卒中全人群日入院人数分别增加 2.3%、5.0%、3.9%和 6.0%~当 SO₂ 浓度每增加一个 IQR，心脑血管疾病、IHD、高血压、脑卒中全人群日入院人数分别增加 2.2%、7.1%、9.8%和 11.4%，但 SO₂ 对心脑血管疾病全人群无统计学意义。当 NO₂ 浓度每增加一个 IQR，心脑血管疾病、IHD、高血压、脑卒中全人群日入院人数分别增加 3.3%、3.6%、11.8%和 11.5%，但 NO₂ 对心脑血管疾病和 IHD 全人群无统计学意义。即本研究表明，在研究期间湖州市大气污染物 PM₁₀、SO₂、NO₂ 浓度每增加 10μg/m³，心脑血管疾病全人群日入院人数分别增加 0.5%、0.4%、3%，但 SO₂、NO₂ 对心脑血管疾病全人群无统计学意义。PM₁₀、SO₂、NO₂ 浓度每增加 10μg/m³，IHD 全人群日入院人数分别增加 1.1%、1.3%和 3%，但 NO₂ 对 IHD 全人群无统计学意义。PM₁₀、SO₂、NO₂ 浓度每增加 10μg/m³，高血压全人群日入院人数分别增加 0.8%、1.8%和 10.7%。PM₁₀、SO₂、NO₂ 浓度每增加 10μg/m³，脑卒中全人群日入院人数危险性分别增加 1.3%、2.1%和 10.5%。Guo 等^[65]对我国北京大气污染物浓度与心脑血管疾病日急诊人数变化的研究发现，在调整温度与相对湿度后，大气污染物 PM_{2.5}、SO₂ 及 NO₂ 浓度每升高 10 μg/m³，对心脑血管疾病急诊人数的 OR 值分别达到 1.005(95%CI:

1.001~1.009)、1.014 (95%CI: 1.004-1.024)、1.016 (95% CI: 1.003-1.029)。一项关于上海的研究^[66]表明在滞后 5d 时, PM_{10} 、 SO_2 和 NO_2 浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 心脑血管疾病住院分别增加 0.23%、0.65%和 0.80%。任艳军^[67]发现杭州市 PM_{10} 、 SO_2 和 NO_2 每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 心血管疾病死亡发生的 OR 分别为 1.006 (95%CI:1.003~1.009)、1.017 (95%CI:1.007~1.028)、1.020 (95%CI: 1.009~1.032)。这与本文研究结果一致。

从年龄与性别分层来看, 大气污染物对不同疾病类型中不同年龄别日入院人数的影响也不相同。在 IHD 疾病中, 大气污染对 ≥ 65 岁人群日入院人数的 RR 值均较 <65 岁人群更大, 可能与诱发呼吸系统疾病的原因一致。在高血压和脑卒中疾病中, <65 岁人群日入院人数的 RR 值较 ≥ 65 岁人群更大, 主要原因在于 <65 岁人群是主要的劳动人群, 暴露于室外的时间要远远大于 ≥ 65 岁人群, 所以他们受到大气污染的程度远远大于 ≥ 65 岁人群。大气污染物对心脑血管不同疾病别女性人群日入院人数的影响普遍较男性大, 这与在加拿大的研究结果相近, 并且美国也有研究结果表明女性对大气污染引起的心血管系统效应更为敏感^[33, 69]。造成现象的可能原因与诱发呼吸系统疾病的原因一致。

4.4 小 结

(1) 湖州市大气不同污染物对居民心脑血管不同疾病类别、性别组及年龄组日入院人数 RR 的影响并不相同。 PM_{10} 对心脑血管疾病类别的最佳滞后日为当天、2~5d, SO_2 最佳滞后日均为 2~4d, NO_2 的最佳滞后日为当天、3~5d。

(2) 大气污染对心脑血管不同类型疾病日入院人数中女性人群的影响普遍较男性人群的影响更大。在 IHD 中, 对 ≥ 65 岁人群的影响更大。但高血压和脑卒中疾病中, <65 岁人群的影响更大。

(3) 在研究期间湖州市大气污染物 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 心脑血管疾病全人群日入院人数分别增加 0.5%、0.4%、3%, 但 SO_2 、 NO_2 对心脑血管疾病全人群无统计学意义。 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, IHD 全人群日入院人数分别增加 1.1%、1.3%、3%, 但 NO_2 对 MD 全人群无统计学意义。 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 高血压全人群日入院人数分别增加 0.8%、1.8%、10.7%。 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 浓度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 脑卒中全人群日入院人数危险性分别增加: 1.3%、2.1%和 10.5%。

第五章 结论与展望

5.1 结 论

(1)可吸入颗粒物和二氧化硫的浓度在本次研究期间内呈现出逐年下降的趋势，其中干季的浓度要比湿季低，夏秋季节的可吸入颗粒物浓度比冬春季节要高，春季沙尘天气以及动机的取暖造成了大量的可吸入颗粒物，因为在每年的12月份到第二年的2月~5月都明显较高。冬季的二氧化硫浓度要比其他季节高出很多，其浓度变化在一年内呈现出U型的曲线，由此可以二氧化硫由取暖造成的因素占到很大比例，但是它没有明显的年、季节变化。

(2)潮州市居民的呼吸系统疾病日入院人数受到其大气污染的影响，每当空气中的可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮浓度每立方米增加10微克的话，会给很多的疾病人群带来危险性，具体如下：那么就分别有0.5个百分点、0.7个百分点和3.4个百分点的危险带给呼吸系统疾病人数；分别有0.6个百分点、1.3个百分点和7.1个百分点的新增危险性带给URTl全人群；因肺炎而住院的人数也会因此受到增加1.0个百分点、1.6个百分点和8.1个百分点的危险性；而且COPD也会因为因此增加0.3个百分点、2.9个百分点和15.9个百分点的全人群日入院人数。这其中对从拍的熔岩可吸入颗粒并没有统计学的意义。大气污染影响的人群性别和年龄方面也出现不同的趋势，例如：女性人群往往容易受到大气污染的影响。以65岁为界，在COPD这项疾病中，65岁之上年龄的人往往受到的影响比较小，但是这些人受到的肺炎和URTl疾病的影响比较大。

(3)居民的心脑血管疾病也有可能受到大气污染的影响，根据资料显示，潮州市大气污染主要物浓度每当空气中的可吸入颗粒物、二氧化硫以及二氧化氮浓度每立方米增加10微克的话，对多种心脑血管疾病的影响就会增大，例如：会增加0.5个百分点、0.4个百分点和3个百分点的脑血管疾病全人群日入院；每天平均增加1.1个百分点、1.3个百分点和3个百分点的IHD住院人数，但是在统计学方面二氧化氮对其没有意义；每天会增加0.8个百分点、1.8个百分点和10.7个百分点的高血压人数；会增加1.3个百分点、2.1个百分点和10.5个百分点的危险性给脑卒中病人。大气污染影响的人群性别和年龄方面也出现不

同的趋势,例如:男性人群往往受到大气污染的影响较小;以 65 岁为界,在 IHD 这项疾病中,65 岁之上年龄的人往往受到的影响比较大,但是这些人受到的高血压和脑卒中疾病的影响比较小。

5.2 展 望

首先,对于一些疾病数据的收集可能存在着一定的不足,因为只有三所大型综合医院存在于潮州市,而杭州市的大型医院成为市民们普遍选择就医的地点,这样就没有充足的收集疾病资料,同时国外在该领域研究的时间要远远的领先国内,所以一些资料还需要进行补充收集,深入分析和探讨。

其次,潮州市各个监测点位本研究提供了大气污染的监测资料,其资料主要包括大气污染物在室外的浓度,但是由于人群活动性的特性,会暴露在室内和室外,所以存在这一定的误差,在这一点上我们可以着重注意和改进。

再次,需要对更多的污染物影响进行考虑而不是仅仅局限在 PM10、SO₂ 和 NO₂ 上,空气中有些物质也会很大程度上的影响人体健康,例如 O₃、CO 等等,所以需要在完善环境监测的背景下对这些物质进行逐渐的研究和探索。

最后,雾霾天气或沙尘天气现在也开始在潮州市出现,所以沙尘天气对健康的影响也在目前所研究的基础上进行开展,这样能够对沙尘天气危害居民健康的情况进行及时有效的认识和控制。

参考文献

- [1] 郝素琴. 大气污染的危害[J]. 地球, 2012, 4: 10-12
- [2] 陆如山, 胡世平. WHO 关注大气污染对人体健康的影响[J]. 国外医学情报, 2013, 22(2): 20-44
- [3] Kunai N, Kaiser R, Medina S, et al. Publi0-health impact of outdoor and illness traffi0-related air pollutin: a European assessment[J]. Lancet, 2014, 356(9232): 795-801
- [4] 张坤民, 温宗国, 杜斌, 等. 生态城市评估与指标体系[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013, 89-90
- [5] 阚海东, 陈秉衡, 汪宏. 上海市城区大气颗粒物污染对居民健康危害的经济学评价[J]. 中国卫生经济, 2010, 23(2): 8-11
- [6] 牟晓红, 王静, 等. 环境保护与清洁生产[M]. 中国石化出版社, 2012, 12-48
- [7] 王黎华, 王寇群. 环境医学[M]. 中国大百科全书出版社, 2013, 47-50
- [8] 祁娟娟. 大气污染对人体健康的影响[J]. 内蒙古环境保护, 1997, 9(1): 35-42
- [9] 李相然. 城市化环境效应与环境保护[M]. 北京: 城市化环境效应与环境保护, 2004
- [10] H. Ross Anderson, Jordi Sunyer, et al. Acute effects of part10ulate air pollution on respiratory admissions results from APHEA 2 Project[J]. Amer10an Journal of Respiratory and Crital Care Med10ine, 2001, 164:1860-1866
- [11] JBoezen HM, van dcr Zee SC, Postma DS, Vet al. Effects of ambient air pollution on upper and lower respiratory symptoms and peak expiratory flow in children[J]ancetj, 353(9156):874-878.
- [12] Anna P, Rod WS, Lukman T. Associations between outdoor air pollution and hospital admission in Brisb ane Australia[J]. Archives of Environmental Health, 2001, 56(1): 37- 52.
- [13] Adam M. Wilson, Cameron P.Wske, Tom Kelly, et al. Air pollution, weather, and respiratory emergency room visits in tow northern New England cities: an ecolog10al time-series study [J].Environmental Research, 2005, 97:312-321.
- [14] Claire Segala, David Poizeau, Mounir Mesbah, et al. Winter air pollution and bronchiolitis in Paris[J]. En vironmental Research, 2008, 106(1): 96-100.
- [15] Mercedes Medina-Ramon, Antonella Zanobetti, Joel Schwartz. The effect of ozone PMj0 on hospital adm issions for pneumonia and Chron10 Obstructive

- Pulmonary Disease:A National Multicity Study [J], American Journal of Epidemiology, 2006;163: 579-588.
- [16] Antonella Zanobetti, Joel Schwartz, Douglas W. Dockery, Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease[J]. Environmental Health Perspectives, 2000, 108: 1071-1077
- [17] Wong TW, Lau TS, Yu TS, et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases in Hong Kong[J].Occupational and Environmental Medicine, 1999, 56(10): 679-683
- [18] 李宁, 彭晓武, 张本延等.大气污染与呼吸系统疾病日门诊量的时间序列分析[J].环境与健康杂志, 2009, 26(12) :1077-1079
- [19] 马洪宝, 洪传洁.大气颗粒物污染对慢性呼吸道疾病的影响[J].中国公共卫生学报, 1992, 11(4):229-232
- [20] 陈小琳, 洪传洁, 陶旭光, 等.上海市大气污染与常见呼吸道症状的关系[J].中国公共卫生学报, 1993, 12(1):1-3
- [21] 常桂秋, 王灵茹, 潘小川等~北京市大气污染与儿科门急诊就诊人次关系的研究[J].中国校医, 2003, 17(4): 29 5-297
- [22] 周燕荣, 曾庆, 徐放.重庆地区大气污染与住院病人动态的相关性分析[J].现代预防医学, 1997, 24(1): 43-56
- [23] 张金良, 周瑾, 谢绍东等.北京市空气质量与每日居民死亡关系的研究[J], 环境与健康杂志, 2003, 20(2) : 75-77
- [24] Sunyer J, Ferran B, Alain LT, et al. The association of daily sulfur dioxide air pollution levels with hospital admissions for cardiovascular diseases in Europe[J]. European heart Journal, 2003, 24(8): 752-76
- [25] Meng ZQ, Zhang QX. Oxidative damage of dust storm fine particles on lungs' hearts and livers of rats[J]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 2006, 22(3): 277-282
- [26] 陶燕. 兰州市大气颗粒物理化特征及其对人群健康的影响[D].兰州: 兰州大学, 2009
- [27] A Le Tertre, S Medina, E Samoli, et al. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities[J]. Journal of Epidemiology Community Health, 2002, 56: 773-779
- [28] Jan D Poloniecki, Richard W Atkinson, Antonio Ponce de Leon, et al Daily time series for cardiovascular hospital admissions and previous day's air pollution in London, UK[J].Occupational and Environmental Medicine, 1997, 54: 535-540.

- [29] Ballester F, Rodriguez P5 Iniguez C, et al. Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: results with in the EMECAS project[J]. Journal of Epidemiol Community Health, 2006, 60: 328-336
- [30] R10hard T Burnett, Marc Smith-Doiron, Dave Stieb, et al. Effects gaseous Healti-air pollution on cardior espiratoiy hospitalizations [J]. Archives of part10ulate and of Environmental 1999, 54(2) : 130-139.
- [31] Antti Ponka, Mikko Virtanen. Low-Level air pollution and hospital admissions for cardiac and cerebrovas cular diseases in Helsinkif[J]. Amer10an Journal of Publ10 Health, 1996, 86: 1273-1280.
- [32] Miller KA, Siscov10k DS Sheppard L, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of car diovascular events women [J] .The New England journal of med10ine, 2007, 356: 447-457.
- [33] Antonella Zanobetti, Joel Schwartz. The effect of part10ulate air pollution on emergency admissions for myocardial infarction: A Mult10ity Case-Crossover Analysis[J], Environmental Health Perspectives, 2005, 113: 978-982.
- [34] Robert D. Mornis, Elena N. Naumova, Rajika L. Munasinghe. Ambient air pollution and hospitalization for congestive heart feilure among elderly people in seven large US cities [J].Amer10an Journal of Publ10 Health, 1995, 85(10): 1361-1365
- [35] 卫生部卫生统计信息中心, 北京协和医院世界卫生组织疾病分类合作中心. 国际疾病分类(ICD-10)应用指导手册[M].北京:中国协和医科大学出版社, 2001: 411-435
- [36] Millard S P, Neerchal N K. Environmental Statist10s with S-Plus[M].CRC Press, LLC, 2001, 664.
- [37] Schwartz J, Spix C, Touloumi G, et al. Methodolog10al issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions[J]. Journal of Epidemiology and Community Health, 1996, 50(S1): 3-11.
- [38] Domini F, McDermott A, Zeger SL, et al. On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health[J]. Amercian Journal of Epidemiology, 2002, 156(3): 193-203.