



中国研究生创新实践系列大赛
“华为杯”第十八届中国研究生
数学建模竞赛

学 校	华北电力大学	
参赛队号	21100790043	
队员姓名	1.	黄寅峰
	2.	胡江谕
	3.	贡振华

中国研究生创新实践系列大赛

“华为杯”第十八届中国研究生

数学建模竞赛

题 目 空气质量预报二次建模

摘 要：

尽管目前已有 WRF-CMAQ 模拟体系对空气质量进行预报，但由于部分污染物生成机理不完全明晰以及排放清单不确定等因素，空气质量的预报结果并不理想。因此，在 WRF-CMAQ 模型一次预报的基础上进行更加准确的二次预报对提前获知大气污染并采取相应控制措施具有深远的意义。

本文针对各监测点空气质量预报数据进行量化分析，对各监测点 2021 年 7 月 13 日至 2021 年 7 月 15 日的污染物浓度值和温度等气象条件特征值进行预测，分析时间、气象条件特征值以及污染物浓度三者之间的关系，并构建相应的数学模型。文章综合采用了 **K-means++ 聚类算法、BP 神经网络模型、随机森林算法、皮尔逊相关性分析**等方法研究污染物浓度、气象条件特征值的分析预测问题。

针对问题一，首先提取监测点 A 从 2020 年 8 月 25 日至 8 月 28 日的逐日污染物浓度实测数据，根据附录中空气质量指数(AQI)的计算公式与首要污染物的选择标准，通过 MATLAB 编程得到 8 月 25 日至 8 月 28 日的 AQI 分别是 60、46、109、138，除 8 月 26 日无首要污染物外，其余三天的首要污染物均为 O_3 。

针对问题二，首先定性分析气象条件与污染物浓度之间的关系，由于污染物浓度变化直接受限于当时的气象条件，而与监测时间并非直接相关，所以在数据预处理方面直接删除监测点 A 逐小时实测数据表中与异常数据同监测时间的所有数据，不考虑时间轴可能不完整的情况，仅分析气象条件与污染物浓度之间的相关性。此外，参考 AQI 计算公式计算各监测时间的实时 AQI，根据空气质量等级划分表得到各监测时间的实时空气质量等级，并赋予一定的分值得到实时空气质量等级分数，**将实时 AQI 与实时空气质量等级分数纳入到气象条件与污染物浓度的相关性分析中**，用以描述污染物扩散或沉降会导致 AQI 下降的现象，接着采用 **z-score 标准化方法处理数据，并运用 K-means++ 聚类算法进行聚类分析，最终得到 5 类气象条件**。其中，对污染物浓度影响最大的是湿度与风速，湿度、风速越大，空气质量越好，各污染物浓度越小。

针对问题三，首先对数据表中的异常数据进行近邻均值填补，因为污染物浓度与监测时间并非直接相关，而是通过气象条件进行联系，所以可以将原先的二次预测问题变成一个**两阶段预测问题**。第一阶段是根据**预测气象条件的时序预测问题**，采用各监测点逐小时气象实测数据与对应的时间数据构建数据集，建立 BP 神经网络模型进行训练，利用训练好的 BP 神经网络预测各监测点 2021 年 7 月 13 日至 2021 年 7 月 15 日的气象条件特征值。第二阶段先分析各监测点逐小时污染物浓度、气象条件实测与一次预报的差异性（一次预报值取当天预报值，数据从 2020 年 7 月 23 日开始），发现误差虽大，但总体走向大致相同。

接着，计算各监测点污染物浓度、气象条件的一次预报误差，构建随机森林预测模型，采用输入为气象条件一次预报误差、输出为污染物浓度一次预报误差的数据集进行训练，将第一阶段预测的气象条件视作实测值与相应时间的一次预报值作差后代入到训练好的随机森林预测模型中得到各监测点从 7 月 13 日到 7 月 15 日的污染物浓度修正预测值，再与相应时间的一次预报值累加得到相应的二次预报值。运用问题 1 中的程序计算得到监测点 A 三天的 AQI 分别是 56、62、80，首要污染物均为 O_3 ；监测点 B 三天的 AQI 分别是 20、22、23，均没有首要污染物；监测点 C 三天的 AQI 分别是 77、74、91，首要污染物均为 O_3 。

针对问题四，采用与问题三大致相同的预测流程，但在训练随机森林预测模型时进行改进，将监测点 A、A1、A2、A3 的污染物浓度、气象条件的一次误差合并为一个数据集进行训练，构建随机森林协同预测模型，并按照问题三中的计算流程得到监测点 A 三天的 AQI 分别是 48、53、52，7 月 13 日没有首要污染物，14 日、15 日首要污染物均为 O_3 ；监测点 A1 三天的 AQI 分别是 56、64、59，首要污染物均为 O_3 ；监测点 A2 三天的 AQI 分别是 49、53、49，7 月 14 日首要污染物为 O_3 ，13 日、15 日均没有首要污染物；监测点 A3 三天的 AQI 分别是 46、49、52，7 月 15 日首要污染物为 O_3 ，13 日、14 日均没有首要污染物。最终比较问题三与问题四中监测点 A 的预测结果，比较了 A、A1、A2、A3 之间的距离大小与皮尔逊相关性大小，最终得出协同预报模型不能提升污染物浓度预测准确度的结论。

关键词：空气质量预报；K-means++聚类算法；BP 神经网络；随机森林；修正预测值；协同预报

目录

一、问题重述	4
1.1 问题背景	4
1.2 问题提出	4
二、模型假设	5
三、符号说明	5
四、问题一的分析与求解	6
五、问题二的分析与求解	7
5.1 问题二的分析与思路	7
5.2 数据处理	7
5.2.1 预处理	7
5.2.2 数据标准化	7
5.3 模型建立与求解	8
5.3.1 相关性分析	8
5.3.2 空气质量指数(AQI)的处理	9
5.3.3 求解	9
六、问题三分析与求解	10
6.1 问题分析	10
6.2 研究方法	10
6.3 利用 BP 神经网络预测气象条件	10
6.3.1 BP 神经网络原理介绍	10
6.3.2 建模步骤	11
6.3.3 数据预处理	12
6.3.4 神经网络训练	12
6.3.5 监测点 A、B、C 的气象预测结果	18
6.4 随机森林算法	18
6.4.1 随机森林算法原理介绍	18
6.4.2 问题分析	19
6.4.4 随机森林预测结果	19
6.5 二次预报结果	19
七、问题四的分析与求解	21
7.1 问题分析	21
7.2 研究方法	21
7.3 神经网络训练	22
7.4 预测结果	27
7.5 讨论分析	28
八、参考文献	29
附录	30

一、问题重述

1.1 问题背景

随着经济生活生产和工业化的发展，空气污染问题越来越严重。空气污染是指空气中污染物浓度达到有害水平，以至于破坏生态系统和人类正常生存发展条件，对人和物造成危害的现象。空气污染物按其存在状态可分为气溶胶污染物和气体污染物。研究表明，长期暴露于高浓度的空气污染物之中会对人体免疫系统、神经系统和呼吸系统带来永久性的健康危害，甚至极有可能导致癌症。空气污染是全球公共卫生领域最大的环境风险，每年造成数百万人过早死亡。而开展环境空气质量预测工作是及时应对重污染天气的重要技术保障，对区域大气污染的联合减排具有指导意义。

空气质量指数（Air Quality Index, AQI）是空气污染物总效应的无量纲指数，它反映了空气的污染水平以及对人体健康的影响程度。在公共卫生领域及城市地区，主要有二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、颗粒物（PM₁₀、PM_{2.5}）、臭氧（O₃）和一氧化碳（CO）等空气污染成分。环境质量的评价方式一般是将 AQI 指数与污染物浓度分级标准进行比较，再对 AQI 指数进行等级划分，包括优、良、轻度污染、中度污染、重度污染、严重污染六个等级。

传统的空气质量预测主要分为数值预测和统计学预测，数值预测是指通过已有的空气质量数据来推导总结出一系列物理学和化学状态方程，它们通常是高阶微分方程，通过导入相应的参数即可得到未来的空气质量数值，但是这样的预测方式对计算力的要求较高，而且考虑的影响方面比较有限；统计学预测通过数学建模来分析已有数据，像非线性数值分析、灰色分析、切比雪夫展开等，但是统计学预测周期长且操作复杂，因此难以及时迅速准确地提供空气质量数据的相关信息。

目前，针对空气质量指数的预测问题的研究一般基于三类。第一类为统计模型，如主成分回归模型（PCR）、多元线性回归模型（MLR）等；第二类为机器学习模型，如 LSTM 长短期记忆网络、SVR 算法^[1]等；第三类为基于大气运动学的数学建模方法，以及在此理论的基础上衍生而来的其他各种组合预测方法。以上模型各自适合不同时间跨度或长度的序列数据，比如在预测 AQI 数据时，采用 ARIMA 模型做短期预测相比于大多数机器学习方法而言更容易取得优异的效果，但是在做长期预测时采用机器学习方法往往更占优势。空气质量数据主要来自地面监测、气象卫星等采集站点，是典型的时序数据，可以通过对空气质量数据进行数理分析来进行空气质量预测^[2]。

1.2 问题提出

由于模糊的气象场以及排放清单的不确定性，另外对包括臭氧在内的污染物生成机理的不完全明晰，导致一次预报（WRF-CMAQ）预报模型的结果并不理想，因此有了二次建模，我们依据实测数据以及一次建模预测数据，进行二次建模，具体需依次解决以下四个问题：

问题 1：附件 1 给出了检测点 A 的 6 类污染物的日监测浓度，我们需要按照附录所给的计算方法，计算监测点 A 从 2020 年 8 月 25 日到 8 月 28 日每天实测的 AQI 和首要污染物。

问题 2：不同的气象条件会对 AQI 值产生不同的影响，我们需要对所给的每天每小时的气象条件进行聚类处理，建立气象条件与 AQI 值变化的联系，并根据气象条件对 AQI 值的影响程度，对气象条件进行合理的分类，阐述清楚各类气象条件的具体特征。

问题 3：根据题中所给数据，我们需要建立一个同时适用于 A、B、C 三个监测点（监测点两两间直线距离>100km，忽略相互影响）的二次预报数学模型，用来预测未来三天 6

种常规污染物单日浓度值，题目要求二次预报模型预测结果中 AQI 预报值的最大相对误差应尽量小，且首要污染物预测准确度尽量高。之后我们需要利用所建立的二次预报模型预测监测点 A、B、C 在 2021 年 7 月 13 日至 7 月 15 日 6 种常规污染物的单日浓度值，计算相应的 AQI 和首要污染物。

问题 4: 考虑到相邻区域的污染物浓度往往具有一定的相关性，我们需要建立包含 A、A1、A2、A3 四个监测点的协同预报模型，题目要求二次模型预测结果中 AQI 预报值的最大相对误差应尽量小，且首要污染物预测准确度尽量高。之后我们需要利用所建立的二次协同预报模型预测监测点 A、A1、A2、A3 在 2021 年 7 月 13 日至 7 月 15 日 6 种常规污染物的单日浓度值，计算相应的 AQI 和首要污染物。并将此模型与前面所建立的二次预报模型作比较，判断其能否提高对监测点 A 的污染物浓度预报的准确度。

二、模型假设

本文模型基于以下合理假设：

假设一：本题中所提供的数据是基本真实可靠的，本题中坏数据与缺失的数据对预测结果的影响忽略不计；

假设二：A、B、C 三个监测点两两间直线距离 $>100\text{km}$ ，忽略相互之间的影响。

三、符号说明

文中使用到的符号含义如下

符号	含义
$IAQI_p$	污染物P的空气质量分指数，结果进位取整数
C_p	污染物P的质量浓度值
BP_{Hi}, BP_{Lo}	与 C_p 相近的污染物浓度限值的高位值与低位值
$IAQI_{Hi}, IAQI_{Lo}$	与 BP_{Hi}, BP_{Lo} 对应的空气质量分指数
x	待处理原始数据
μ	原始数据均值
δ	原始数据标准差
x^*	z-score 标准化后的数据
x_{min}	原始数据最小值
x_{max}	原始数据最大值
x_{ccaled}	最小-最大标准化后的数据

四、问题一的分析与求解

从监测点 A 中提取 2020 年 8 月 25 日到 8 月 28 日每天实测的 6 种污染物的监测浓度数据。

计算空气质量分指数 (IAQI)

$$IAQI_P = \frac{IAQI_{Hi} - IAQI_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} \cdot (C_P - BP_{Lo}) + IAQI_{Lo} \quad (4-1)$$

计算空气质量指数 (AQI)

$$AQI = \max\{IAQI_1, IAQI_2, IAQI_3, \dots, IAQI_n\} \quad (4-2)$$

根据公式 (4-1)、(4-2)，利用 MATLAB 编写相应的程序，再导入所提取的日监测浓度数据，得到监测点 A 从 2020 年 8 月 25 日到 8 月 28 日每天实测的 AQI 和首要污染物，程序见附录，计算结果表 4-1 所示：

表 4-1：实测的 AQI 和首要污染物

监测日期	地点	AQI 计算	
		AQI	首要污染物
2020/8/25	监测点 A	60	O ₃
2020/8/26	监测点 A	46	无
2020/8/27	监测点 A	109	O ₃
2020/8/28	监测点 A	138	O ₃

五、问题二的分析与求解

气象条件往往指不同天气现象下的水热情况，衡量特征主要包括：温度、相对湿度、气压、风速、风向、降水量、蒸发量、冻土深度、积雪深度、日照时长等。不同的气象条件会对污染物的排放情况有着不同的影响，当气象条件利于污染物扩散或沉降时，AQI 会下降，空气质量明显改善。基于这种特征，本章对附件 1 中监测点 A 逐小时污染物浓度与气象实测数据进行特性分析，并在此基础上对气象条件进行分类。

5.1 问题二的分析与思路

本题要求根据气象条件对污染物浓度的影响程度，合理划分气象条件，同时还需要阐述分类后各类气象条件的特征。换句话说，主要就是要探究不同的污染物浓度下气象条件各因素的分布情况。

本文所提及的污染物包括 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 O_3 、 CO 。在不同的气象条件下，上述污染物会有着不同的扩散、聚集、沉降、上升等情况，所以它们的浓度实测值的变化其实是受制于气象条件的变化，也就是说气象条件可以看成自变量，污染物浓度可以看成因变量。整个问题就抽象成根据因变量划分自变量，将自变量定义域划分成若干个区间，同一区间的自变量、因变量关系相对一致，不同区间的自变量、因变量关系差异较大。

由于数据中所给的气象条件实测特征有 5 类，包括温度、相对湿度、气压、风速、风向，因此自变量可以看成 1×5 的向量；污染物有 6 类，所以因变量可以看成 1×6 的向量。但在实际生活中，我们的评判标准并不是污染物的浓度值，往往是根据空气质量或者天气情况等综合评价指标来反映气象条件的分布。因此，我们希望借助不同污染物浓度所对应的 AQI 值来对气象条件进行划分，得到与 AQI 相关的气象条件分类情况。

5.2 数据处理

5.2.1 预处理

在监测点 A 逐小时污染物浓度与气象实测数据表中，存在样本数据缺失、数据不合理、时间轴不完整的情况，而污染物的浓度变化与气象条件是直接相关的，但与时间轴的关系是借助气象条件这一中间因素进行挂钩，其与时间轴是一个间接关系。因此，在本题探究气象条件与污染物浓度的关系问题中，时间的相关性较低，可以删去数据表中所有存在异常数据的样本，仅保留数据合理且完整的样本数据用于分类。

5.2.2 数据标准化

由于 5 类气象条件特征值的量级不同，采用 z-score 标准化方法将 5 类气象条件特征值化为同一量级下，标准化公式如下：

$$x^* = \frac{x - \mu}{\delta} \quad (5-1)$$

其中： μ 为数据平均值； δ 为数据标准差； $x^* > 0$ 表示高于数据平均水平，反之表示低于数据平均水平。此外，对表中的污染物浓度数据进行整合，参照公式(4-1)、(4-2)的计算流程，得出各小时的空气质量指数 AQI，用于后续的分类计算，这里给出部分数据处理结果，如表 5-1、表 5-2：

表 5-1 五类特征平均水平

特征	平均水平
温度	25.130 °C
湿度	68.193 %
气压	1010.607 MBar
风速	1.408 m/s
风向	155.645°

表 5-2 数据处理结果

地点	温度(pu)	湿度(pu)	气压(pu)	风速(pu)	风向(pu)	AQI
监测点 A	-0.299	0.504	1.505	-0.544	1.458	94
监测点 A	-0.624	0.813	1.076	-0.874	-0.871	80
监测点 A	-0.809	0.915	0.290	-0.874	-0.531	75
监测点 A	-0.902	0.915	-0.354	0.445	-0.443	49
监测点 A	-0.856	0.813	-0.640	0.445	-0.478	55
监测点 A	-0.809	0.813	-0.640	1.765	-0.456	55
监测点 A	-0.717	0.504	-0.426	-0.214	-0.108	57
监测点 A	-0.717	0.607	0.433	-0.544	-0.929	67
监测点 A	-0.809	0.813	1.291	1.765	1.530	72
监测点 A	-0.948	0.813	1.577	1.435	-0.853	73
监测点 A	-0.763	0.710	1.291	0.115	-0.440	63
监测点 A	-0.392	0.401	1.076	-0.874	0.693	67
监测点 A	-0.067	0.195	0.075	-0.544	0.764	73
监测点 A	0.489	-0.525	-0.068	0.115	-0.880	64
监测点 A	1.185	-1.142	-0.783	-0.214	-0.963	50
监测点 A	1.788	-1.656	-1.212	0.445	-0.957	74
监测点 A	1.788	-1.862	-1.284	0.445	-0.947	75
监测点 A	1.556	-1.553	-1.141	-0.214	1.469	95
监测点 A	1.139	-1.245	-1.141	0.445	1.518	70
监测点 A	0.768	-0.833	-0.926	-2.524	1.423	78

注：表中的正、负值分别代表高于、低于平均水平

5.3 模型建立与求解

5.3.1 相关性分析

针对 5 类标准化后的气象条件特征，进行相关性分析，计算其相关性矩阵，结果如表 5-3。

表 5-3 五类特征相关性分析

特征	温度	湿度	气压	风速	风向
温度	1.000	0.141	-0.828	0.076	0.146
湿度	0.141	1.000	-0.404	-0.240	0.044
气压	-0.828	-0.404	1.000	-0.030	-0.195
风速	0.076	-0.240	-0.030	1.000	-0.050
风向	0.146	0.044	-0.195	-0.050	1.000

从表中可以发现温度与气压有着极强的负相关，温度越高，气压越低；湿度与气压也有着较强的负相关，但相关性程度比不上温度与气压的关系程度。这两个结论对后续的分类结果有一定的参考意义。

5.3.2 空气质量指数(AQI)的处理

空气质量等级范围根据 AQI 进行划分，同时对进行分类，并将相关的空气质量分数纳入到气象条件的分类依据当中，相关数据见表 5-4。

表 5-4 空气质量等级及对应的分数值与 AQI 范围

空气质量等级	优	良	轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染
分数	100	80	60	40	20	0
AQI	[0,50]	[51,100]	[101,150]	[151,200]	[201,300]	[301,+∞)

5.3.3 求解

样本的聚类特征值包括：空气质量分数、AQI、温度、湿度、气压、风速、风向，借助 matlab 采用 kmeans++ 算法进行聚类分析（聚类结果中的负数代表低于平均水平，正值表示高于平均水平），处理聚类结果并将其可视化，如图 5-1：

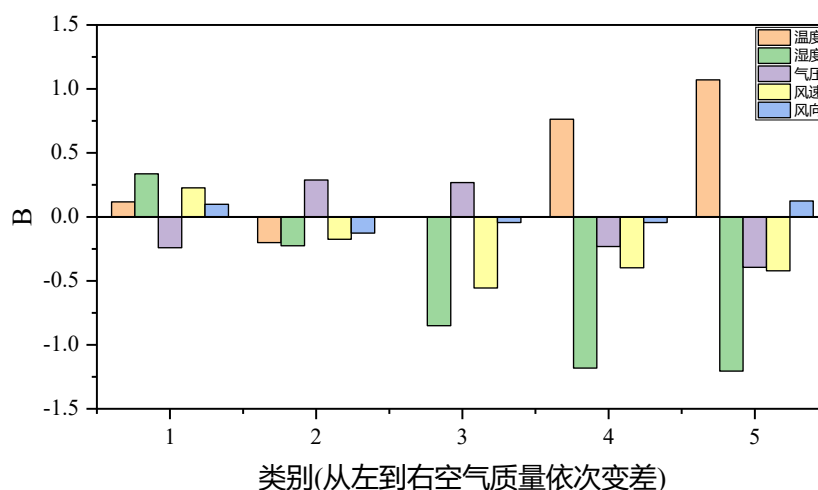


图 5-1 气象条件分类结果可视化

分析上图，得到以下气象条件分类特征：

- 类别 1：高温；湿度大；气压低；风速大；西北风、西南风、西风
- 类别 2：低温；湿度小；气压高；风速小；东北风、东南风、东风
- 类别 3：高温；湿度小；气压高；风速小；东北风、东南风、东风
- 类别 4：高温；湿度小；气压低；风速小；东北风、东南风、东风
- 类别 5：高温；湿度小；气压低；风速小；西北风、西南风、西风

在该分类结果中，温度、气压、风向与空气质量指数的相关性不强；而湿度、风速与空气质量指数呈现了较强的相关性。湿度、风速越大，空气质量越好，这可能是因为湿度大、风速大的气象条件有利于污染物扩散、沉淀，从而降低了大气中污染物浓度，改善了空气质量。但总体来看，该分类的结果不是很理想，未能找到温度、气压、风向对污染物浓度影响的明确关系。

六、问题三分析与求解

6.1 问题分析

本题根据附件 1 和附件 2 中的数据，建立一个同时适用于 A、B、C 三个监测点的二次预报模型，用来预测未来 3 天内 6 种常规污染物的单日浓度值。然而附件中的实测数据存在时间轴缺失以及数据错误的情况，为减少其影响，需对原始数据进行预处理，从而保证经过处理修正后污染物浓度数据能够具有良好的连续性，使得实测数据与一次预测数据时间上能够对应，方便后续的进一步处理。

6.2 研究方法

本节根据已有的 A、B、C 三个监测点污染物浓度与气象一次预报数据和实测数据，首先分析了气象条件随时间的变化规律，通过分析气象条件预报值与实测值的数据，我们发现气象条件随时间有一定的变化规律，而污染物浓度的数据随时间无明显变化规律，但却随气象条件的变化有一定的规律，相关的对比图见附录。因此，将原先需要解决的二次预报问题转化为两阶段预测问题，第一阶段是气象条件的时序预测问题，我们采用神经网络模型预测未来三天的气象条件数据；第二阶段是根据气象条件一次预报误差数据与污染物浓度一次预报误差进行数据训练，并根据第一阶段预测出的气象条件变化值采用随机森林预测模型预测出其对应的污染物浓度变化值，然后修正污染物二次预报数据得到二次预报结果具体的预测流程如图 6-1。

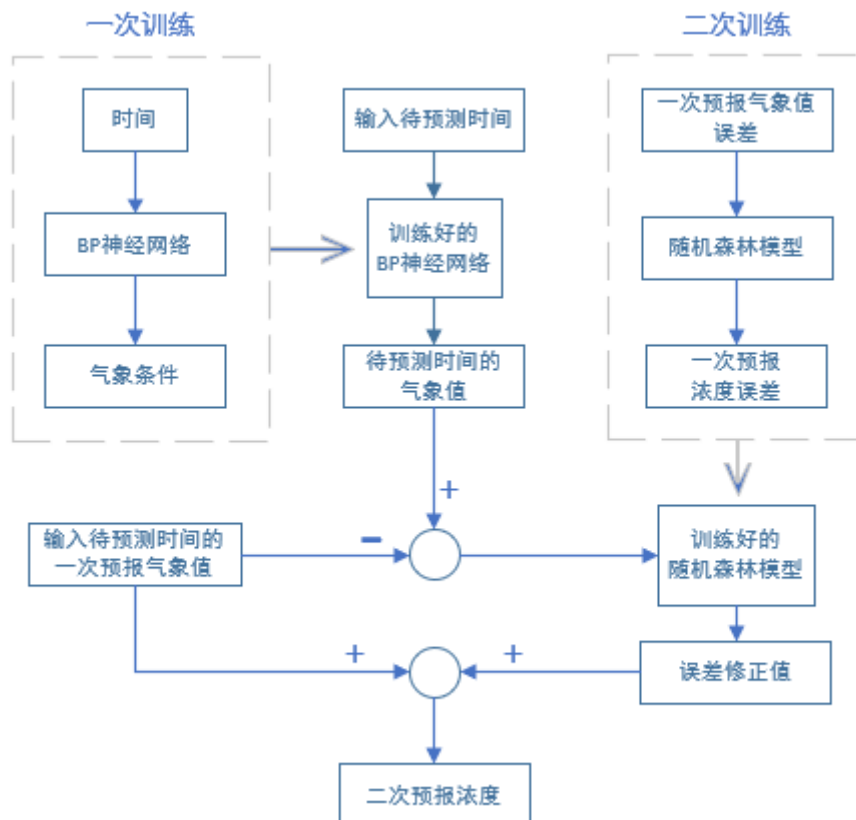


图 6-1 空气质量二次预报流程

6.3 利用 BP 神经网络预测气象条件

6.3.1 BP 神经网络原理介绍

人工神经网络有很多强大的功能，它可以使用提供给它的相应数据来挖掘两者之间的未知规律，最后在新输入数据已知时使用挖掘出的规律作为工具来推断相应的结果。BP（Back Propagation）神经网络是按照误差逆向传播算法训练的多层前馈神经网络，是一种典型的深度学习模型，是近些年来应用最广泛的深度学习模型。其通过反向传播算法和最速下降法不断地调整网络中的参数，以使网络的实际输出值和期望输出值的误差达到最小，其突出优点是具有很强的非线性映射能力和柔性的网络结构。

BP 神经网络由一个输入层、一个或多个隐含层和一个输出层组成，每层含有若干个节点，各层节点通过加权路径来与相邻层的节点进行链接。当预测目标变量为分类变量时，输出层包含多个输出结点，但是当目标变量为区间型变量时，则只包含一个输出节点。

BP 神经网络的工作方法主要分为两个过程。首先是信号的前向传播，信号从输入层输入到隐含层，通过隐含层的计算输出新的权重，最后再到输出层；其次是误差的反向传播，BP 神经网络模型根据输出层的输出结果计算预测数据与实际数据的误差，该误差用来依次调节从隐含层到输出层的权重和偏差以及输入层到隐含层的权重和偏差。如此反复进行，直到输出结果与期望的输出结果均方误差达到一个合理的范围内则结束训练。

总而言之，BP 神经网络的核心思想就是根据得到的结果计算误差，并通过反馈误差，不断修改权重和阈值，从而使输出结果的误差最小。

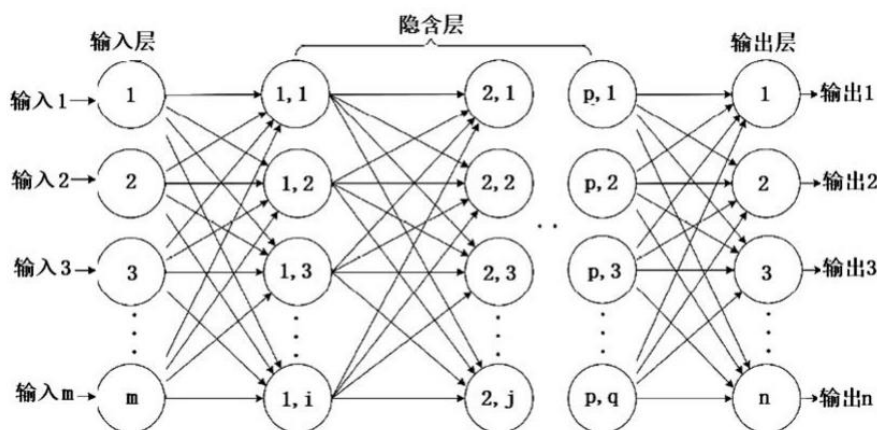


图 6-2 BP 神经网络模型

BP 神经网络的步骤主要为

- 1) 通过分配各层中每一个神经元的随机权重和偏差值，对前向传播过程初始化。
- 2) 在得到每个神经元和偏差的和之后，在每个神经元中应用激活函数，将输出结果传递到下一层的神经元。
- 3) 若该层是输出层，则在此处应用激活函数，即可得到该模型的输出数据。
- 4) 基于训练集，通过采用实际输出结果减去激活函数的输出来识别每个输出神经元的误差，并计算总误差。
- 5) 对其计算偏导，将总的误差反向传递。
- 6) 根据偏导数对权重进行更新，对更新权重后的模型重复步骤 1) 到步骤 5)。

6.3.2 建模步骤

1) 模型设计

本文采用三层结构建立模型对天气状况进行预测，采用附件中的气象实测值作为输出、对应的时间信息作为输入进行训练，最终对 7 月 13 日至 15 日的气象条件进行预测。

2) 数据归一化处理

首先对数据采取归一化处理，以消除各因素因量级不同而对预测精度产生影响。此处采用最小-最大标准化方法，其公式为：

$$x_{ccaled} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (6-1)$$

处理后所有指标的数值都在 0-1 之间。

3) 模型训练

在对数据归一化处理，在同一训练样本下逐个进行模型训练，得到模型在取不同隐含层节点数时的误差。

4) 得出实验结果

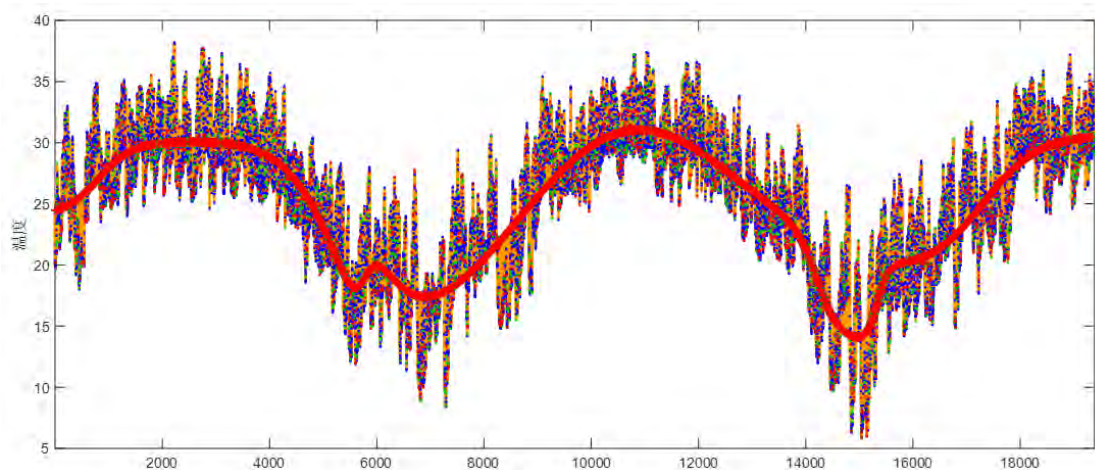
6.3.3 数据预处理

分析附件中的数据，发现个别数据存在异常或丢失的情况，因此为了保证分析的结果合理性，需要对异常数据进行识别删除，而对缺失数据进行插值处理。实测数据中个别污染物浓度的实测值小于 0，考虑实际情况可以判断其为异常数据，因此需要对其进行剔除，对于缺失数据的处理，常见的处理方法有移动平均法、直接删除法和指数平滑法等。由于实测数据按时间排布，如果不考虑缺失数据，则会对后续的处理带来影响，本文的处理方法为取相邻时间的几组数据取平均值近似代替所缺数据。

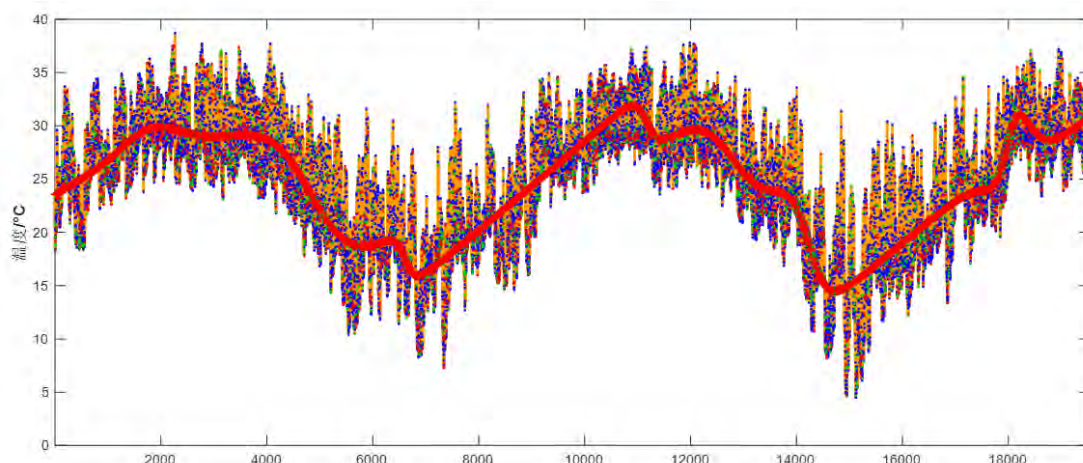
6.3.4 神经网络训练

采用 MATLAB 神经网络工具箱进行气象条件的时序预测，分别对监测点 A、B、C 的温度、湿度、气压、风速以及风向的实测值进行了训练拟合，得到如下结果。

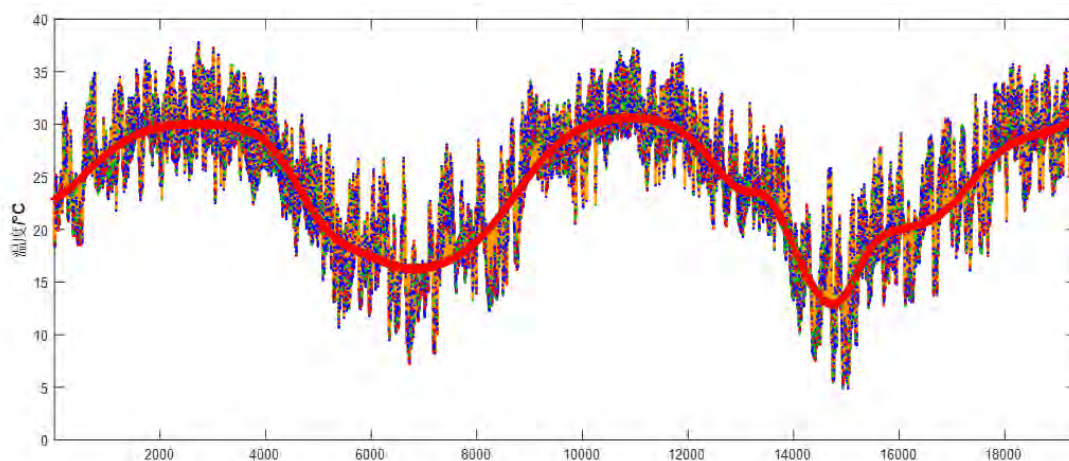
(1) 以温度实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A 温度训练情况



(b) 监测点 B 温度训练情况

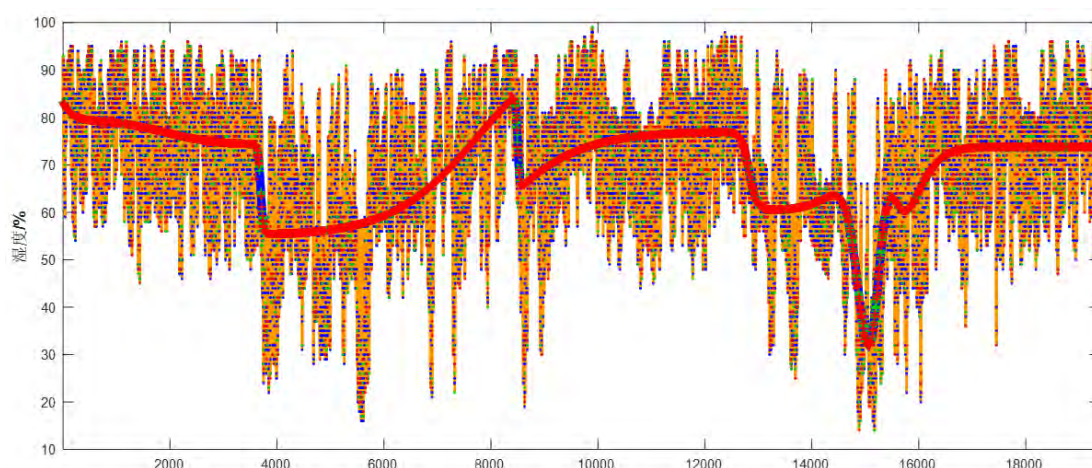


(c) 监测点 C 温度训练情况

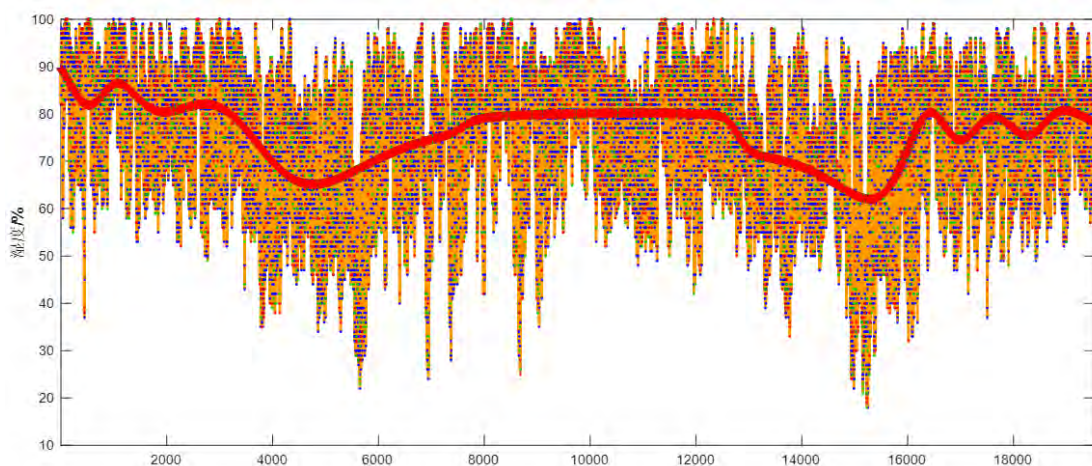
图 6-3 以温度为特征的神经网络训练情况

如图所示为监测点 A、B、C 的温度实测值随时间的变化情况，其中，外围波动较大的曲线为温度的实测值，而中央的红色曲线为根据实测值拟合出的等效值，其可作为今后预报时的参考，整体的训练效果比较好。从图中可以发现，实测数据曲线波动较大，呈不规则的毛刺状。但通过分析曲线走势可以发现，温度的实测数据大体呈周期性变化，且波动周期在一年左右，数据起始时间为四月份，根据其走向可得，在八月份左右温度达到最大，而在十二月左右温度达到最低，这与实际情况相吻合。这表明，同一地点每年同一时期的温度大体相当，即使略有误差也不会有太大的变动。温度随时间规律性的变化可为之后污染物浓度二次预报提供一定的参考。

(2) 以湿度实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A 湿度随时间的训练情况

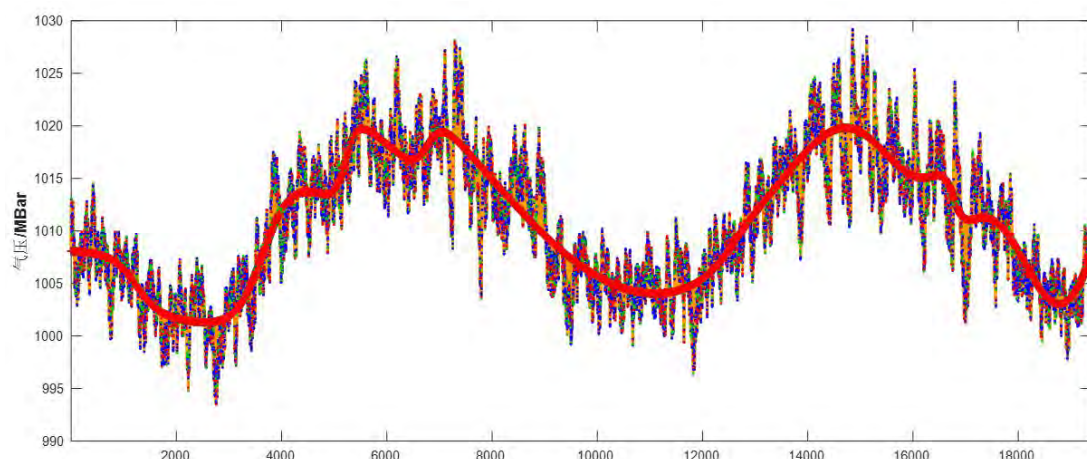


(b) 监测点 B 湿度随时间的训练情况

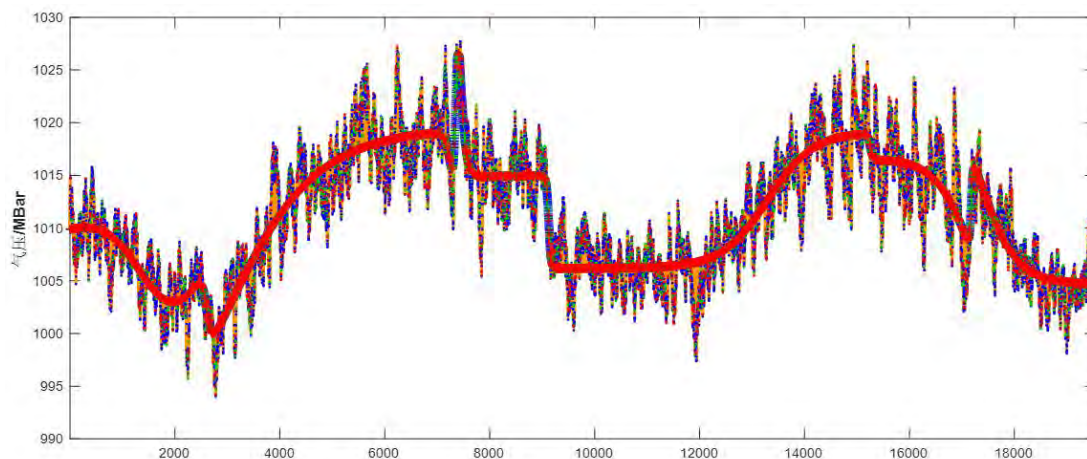
图 6-4 以湿度为特征的神经网络训练情况

由于监测点 C 的实测数据缺失，所以此处不再分析监测点 C 的变化情况，仅对监测点 A、B 的实测数据进行分析。通过分析可得，相较于温度的预报数据来说，湿度的实测值波动程度较大，通过分析监测点 A 的湿度数据拟合曲线可以发现，监测点 A 处的实测数据波动比较大，但整体走势在考虑误差的情况下仍是周期性变化的，相较而言，监测点 B 的湿度变化情况则更有规律，明显呈周期性变化，因此结合两地实测数据，可以认为湿度随时间是周期性变化的，且变化周期也是一年。

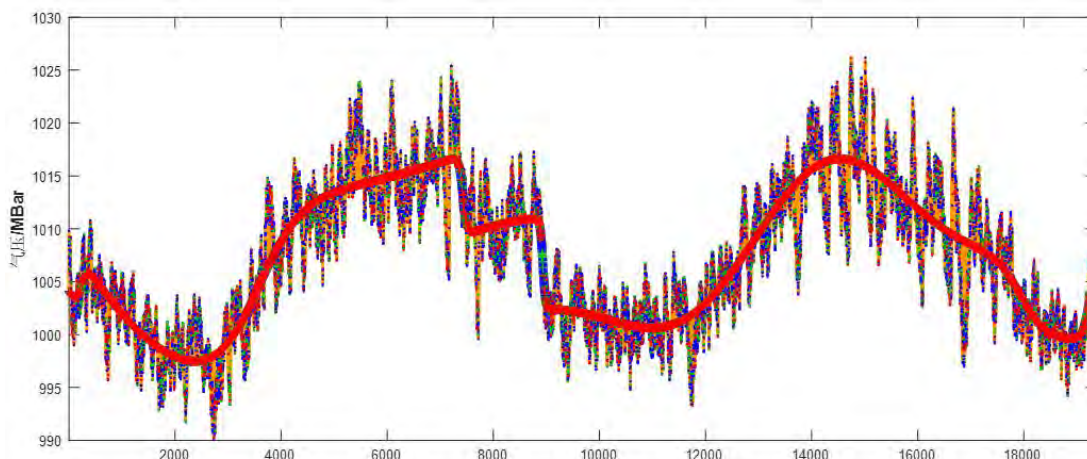
(3) 以气压实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A 气压随时间的训练情况



(b) 监测点 B 气压随时间的训练情况



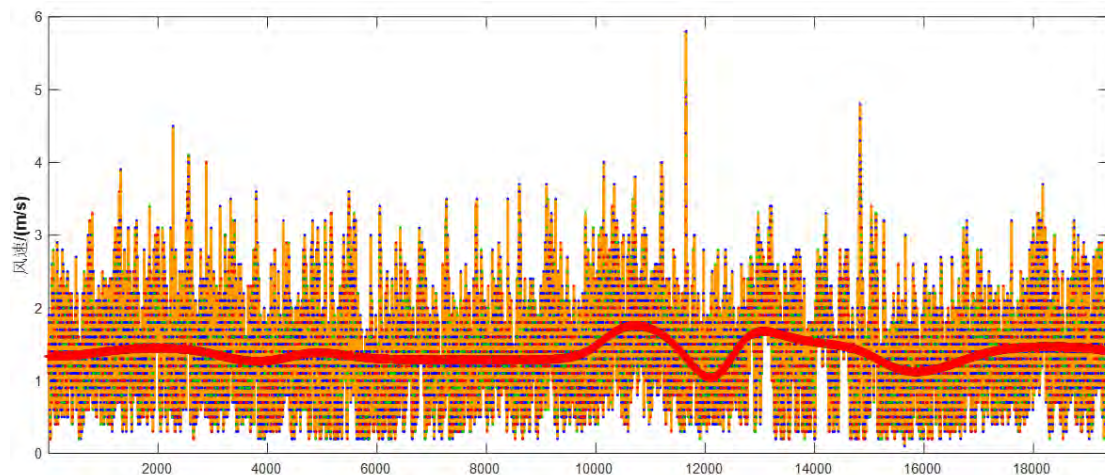
(c) 监测点 C 气压随时间的训练情况

图 6-5 以气压为特征的神经网络训练情况

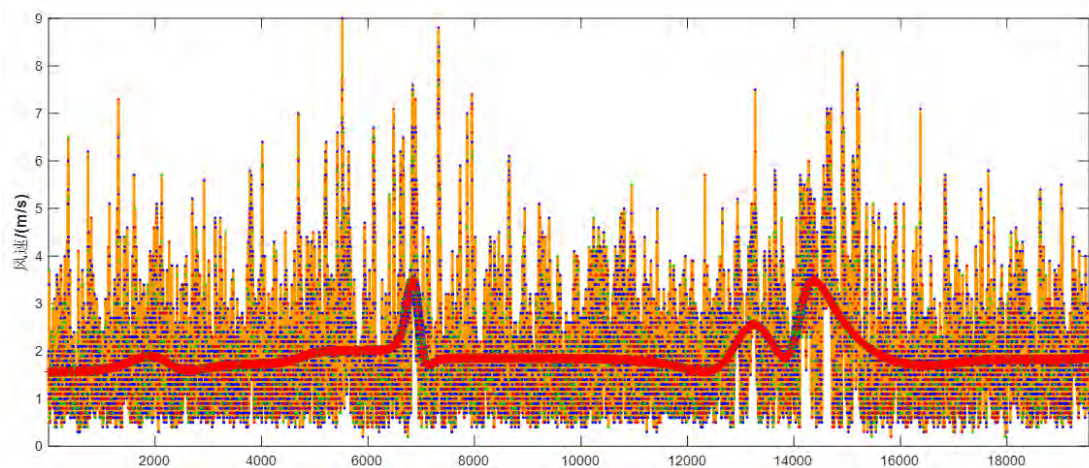
通过分析监测点 A、B、C 的气压实测值随时间的变化情况可以发现，A 点的拟合曲线变化比较规律，随时间呈明显的规则周期性变化，B 点和 C 点的拟合曲线部分区域波动较大，但整体上来看，其走势仍是有一定的规律，也是周期性变化的，说明拟合效果良好。可以认为监测点 A、B、C 处的气压变化情况是随时间周期性波动的，其变化周期也是一

年，其一年前同一时期的数据可为现在的预报提供参考。

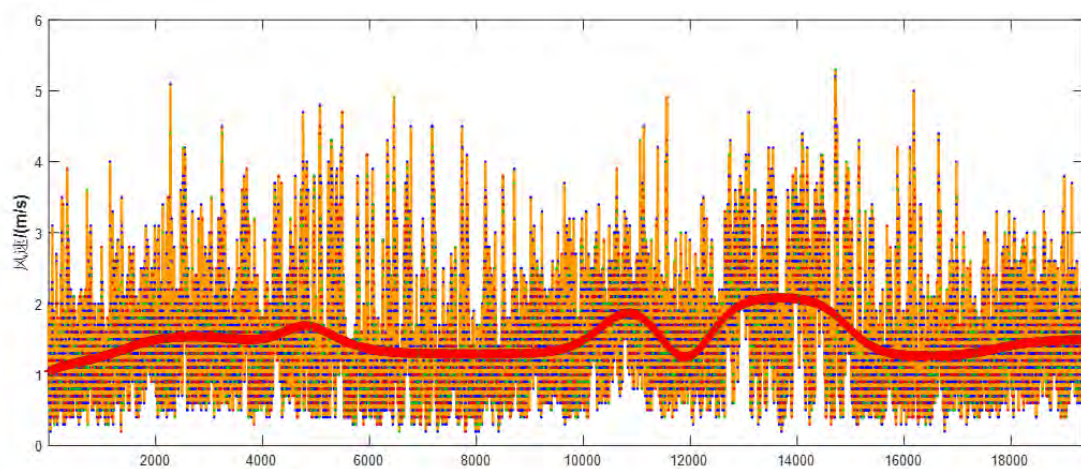
(4) 以风速实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A 风速随时间的训练情况



(b) 监测点 B 风速随时间的训练情况



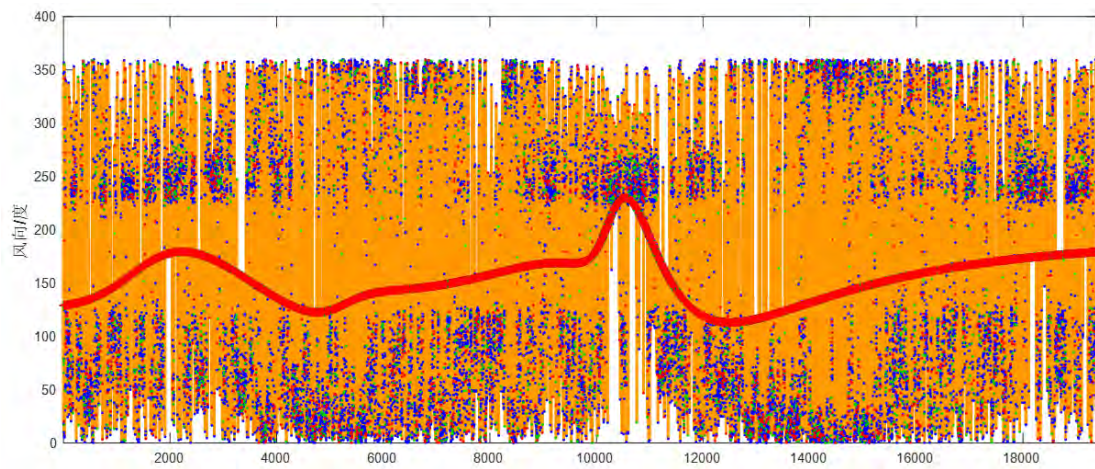
(c) 监测点 C 风速随时间的训练情况

图 6-6 以风速为特征的神经网络训练情况

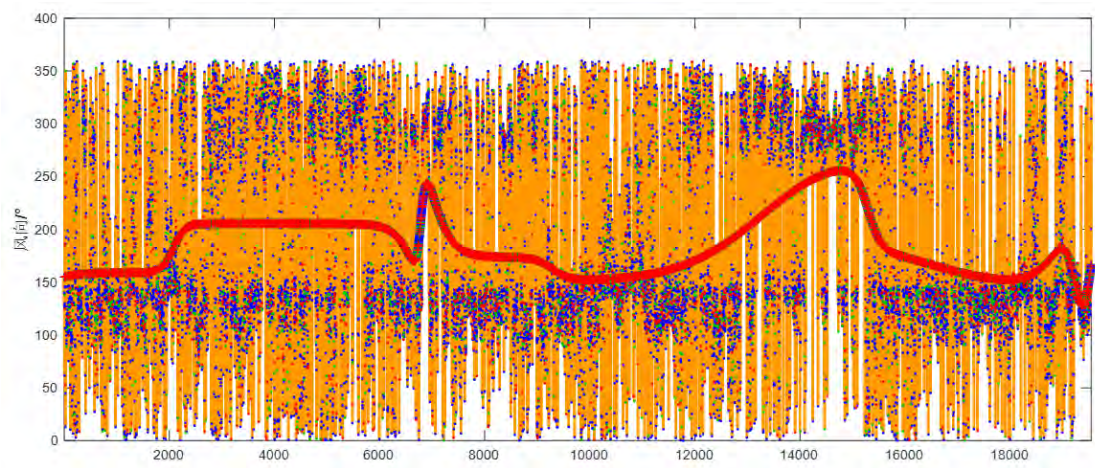
通过分析监测点 A、B、C 对风速的实测数据可以发现，相对于前面几组数据，风速的实测数据波动较大，但其拟合曲线的变化情况却较为平缓，即使偶尔有波动，波动的幅

度也不是很大。

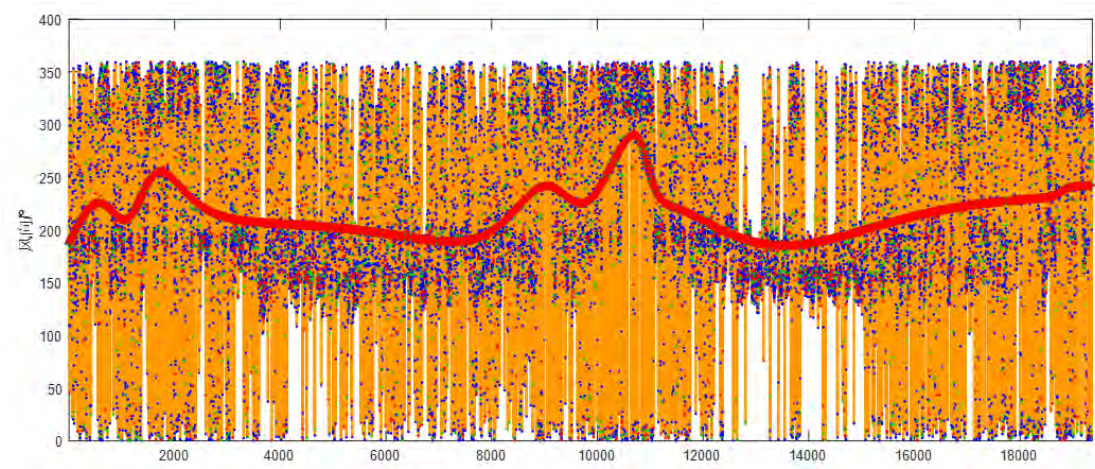
(5) 以风向实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A 风向随时间的训练情况



(b) 监测点 B 风向随时间的训练情况



(c) 监测点 C 风向随时间的训练情况

图 6-6 以风向为特征的神经网络训练情况

通过分析监测点 A、B、C 对风向的实测数据可以发现，其数据波动较大，训练效果不理想，并不能明显发现有什么变化规律。

综上，三个监测点的温度、湿度、气压、风速随着时间会呈明显的周期性变化，而风向随时间无明显变化规律，影响风向的因素有水平气压梯度力、近地面摩擦力以及地转偏向力等，因此可能受到当地的地形、建筑、温度等多重因素的共同影响。

6.3.5 监测点 A、B、C 的气象预测结果

详见附录。

6.4 随机森林算法

6.4.1 随机森林算法原理介绍

由于题中所给数据中存在着一些异常值与失真值，这些值的存在可能会对最后预测结果产生影响，所以在利用五类气象数据进行污染物浓度预测时，采用随机森林预测算法可以保证对于噪声数据以及一些异常值有很高的容忍度，能够很大程度上避免图像出现过拟合的情况，并且处理过程容易实现，效率高，其有三大特点：特征的随机性；训练集的随机性；组合投票原则和取均值原则。

随机森林算法是一种区别于传统神经网络的回归分类算法，它的基分类器为决策树算法，由于本题所给数据为一系列离散型数据，所以此时的决策树可以视为一种分类树，并把基尼指数作为过程中使用的分裂规则。

可以用下面得到公式来计算决策树的基尼指数：

$$P_i = \frac{|C_i D|}{|D|} \quad (6-2)$$

$$Gini(D) = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2 \quad (6-3)$$

其中，D 是气象条件的原始数据集， P_i 是数据集 D 中记录属于 C_i 类的概率， $|D|$ 是数据集 D 中记录的总条数， $|C_i D|$ 是数据集 D 中属于 C_i 类的记录的条数，m 是数据集中类的个数。

针对气象条件的原始数据集，我们假设里面含有 K 个特征，这 K 个特征相互之间并不产生影响。具体的随机森林算法有以下几个步骤：

(1) 首先，采用 Bagging 的思想，从气象条件的原始数据集中进行有放回的随机挑选，进行 n 次过程，产生与原始数据集数量一致的 n 个气象条件训练子集 $\{D_1, D_2, D_3, \dots, D_n\}$ 。

(2) 然后，开始构建决策树，从上一步中得到的 n 个气象条件训练子集中，选择一个作为决策树的训练子集，并选取 k 个特征（注意：k < K），利用这 k 个特征选取用于决策树分裂的一种最优分裂方式，并不断重复此过程，直到到达系统满足的条件才停止。

(3) 通过以上过程会产生 n 棵完全生长的决策树，并将它们进行一定的组合产生我们所需要的随机森林模型。

(4) 最后将所选取的测试样本输入到随机森林模型中，其产生的结果为简单多数投票或取平均值。算法框架图如图 6-7 所示：

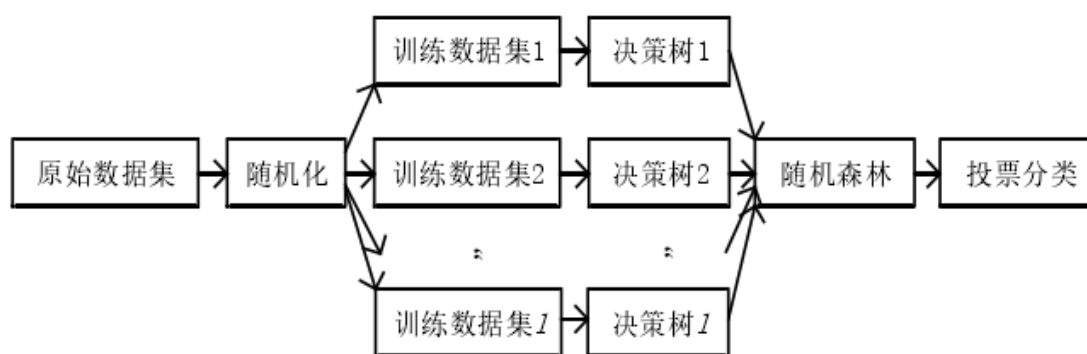


图 6-7 随机森林算法框架图

6.4.2 问题分析

根据上述步骤建立关于气象条件数据的随机森林模型，原始数据集为 5 类与污染物浓度相关的气象条件，分别是温度、湿度、大气压、风向以及风速。本阶段预测模型的输出变量即预测目标为监测点 A、B、C 三点在 2021 年 7 月 13 日至 7 月 15 日的 6 种常规污染物即二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、颗粒物（PM₁₀、PM_{2.5}）、臭氧（O₃）和一氧化碳（CO）的逐小时浓度误差值。

值得注意的是，对于臭氧 O₃ 进行预测的过程中，因其属于二次污染物，也并非来自污染源的直接排放，而是在大气中经过一系列化学及光化学反应生成的，所以其实际的污染物浓度变化不单单与气象条件有关，与部分一次污染物浓度变化也有一定的关系，例如 NO₂，所以在模型进行训练时需要考虑这方面因素。

6.4.3 数据准备

训练随机森林模型所需的参数主要包括 2 部分，分别是气象条件一次预报误差、污染物浓度一次预报误差。运用近邻均值填补算法处理数据。

6.4.4 随机森林预测结果

采用 MATLAB 随机森林工具包进行训练，相关的程序工具包见附件；相关的预测结果附录。

6.5 二次预报结果

根据第二阶段随机森林预测模型预测出的污染物浓度的逐小时浓度修正值与污染物浓度的一次预报值得到 2021 年 7 月 13 日至 7 月 15 日各监测点的污染物浓度二次预报值，带入到问题 1 中的程序得到监测点 A、B、C 的二次预报结果，见表 6-1、6-2、6-3。

表 6-1 监测点 A 二次模型预测

预报日期	地点	二次模型日值预测							
		SO ₂ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	O ₃ 最大八 小时滑动 平均 (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	AQI	首要污 染物
2021/7/13	监测点 A	7.20923	12.64933	18.57122	4.64744	106.68426	0.33421	56	O ₃
2021/7/14	监测点 A	6.67690	12.16623	20.23076	5.39122	113.47266	0.50235	62	O ₃
2021/7/15	监测点 A	6.83677	11.52670	21.94202	5.56853	135.23068	0.45164	80	O ₃

表 6-2 监测点 B 二次模型预测

预报日期	地点	二次模型日值预测							
		SO ₂ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	O ₃ 最大八小时滑动平均 (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	AQI	首要污染物
2021/7/13	监测点 B	5.72546	10.15425	15.35623	3.54625	39.51635	0.68623	20	无
2021/7/14	监测点 B	6.054856	7.18564	17.15366	4.58613	42.54631	0.61556	22	无
2021/7/15	监测点 B	5.98215	8.68653	16.25621	3.98462	44.51625	0.58521	23	无

表 6-3 监测点 C 二次模型预测

预报日期	地点	二次模型日值预测							
		SO ₂ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	O ₃ 最大八小时滑动平均 (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	AQI	首要污染物
2021/7/13	监测点 C	7.36452	15.48562	38.64613	15.15121	132.16136	0.51563	77	O ₃
2021/7/14	监测点 C	6.89516	14.64654	32.54615	13.64636	128.16161	0.53466	74	O ₃
2021/7/15	监测点 C	7.89252	21.61616	29.65141	20.51661	148.84662	0.48616	91	O ₃

七、问题四的分析与求解

7.1 问题分析

相邻区域的污染物浓度往往具有一定的相关性，题目要求考虑区域相互之间的影响，并作出区域协同预报。因此首先对相邻区域（A、A1、A2、A3）的污染物进行相关性分析，本小题主要使用皮尔逊（Pearson）相关系数来衡量监测点 A 与监测点 A1、A2、A3 之间污染物浓度的相关性。

首先分析 A 点与 A1 点的浓度相关性，分别设相应变量 X 和 Y 的观测值 x_i 和 y_i ($i=1,2,3,\dots,n$), 并且假设它们的样本均值分别为 $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$, 那么我们可以得到 X 与 Y 的皮尔逊相关系数 R_p 如下所示：

$$R_p = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7-1)$$

相关系数 R_p 是无量纲数，它的取值范围在 -1 与 1 的区间内。如果 R_p 的值是小于 0 的数，那么变量 X 与 Y 之间呈现的是负相关关系；而如果 R_p 的值是大于 0 的数，那么变量 X 与 Y 之间呈现的是正相关关系；如果 R_p 的值等于 0，那么变量 X 与 Y 之间无相关性关系。对两个相关系数取绝对值，则绝对值越大，则两个变量之间的相关性越强，反之相关性越弱，其中皮尔逊相关系数 R_p 表示的是两个变量的线性相关性。

7.2 研究方法

本章所用的研究方法与第六章大体相同，首先采用皮尔逊相关性分析方法分析 A、A1、A2、A3 的相关性，表 7-1 列出了监测点 A 与其相邻区域 A1、A2、A3 的污染物浓度的皮尔逊相关系数。

表 7-1 各区域污染物浓度的相关系数

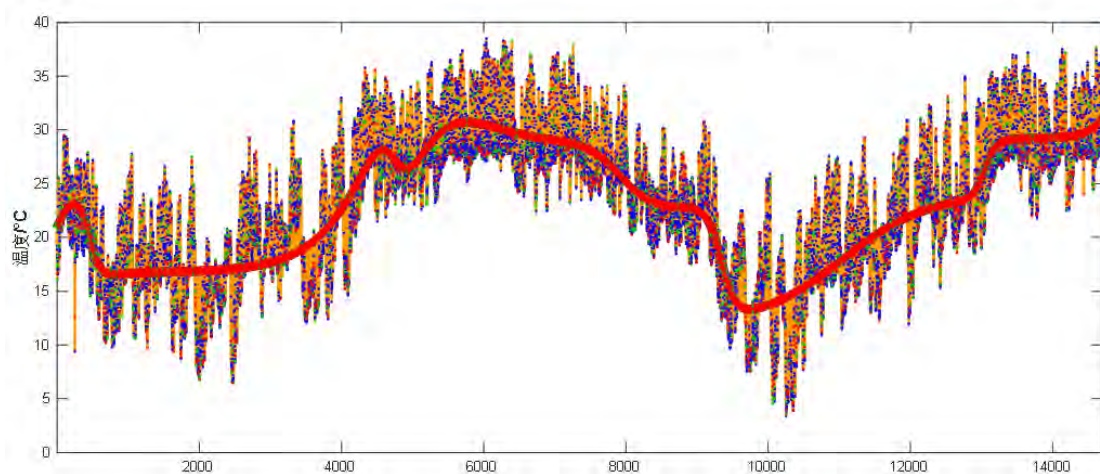
	SO_2	NO_2	PM10	PM2.5	CO	O_3	平均相关系数
A 与 A1	0.5175	0.9476	0.9756	0.9749	0.6534	0.9624	0.8385
A 与 A2	0.7081	0.9494	0.9772	0.9753	0.7889	0.9746	0.8956
A 与 A3	0.6096	0.8817	0.8825	0.7684	0.6688	0.7826	0.7655

从表中数据可以看出，A 与 A1、A2、A3 的污染物浓度都具有较强的正相关，但不同的区域、不同的浓度之间相关性程度不太一样。

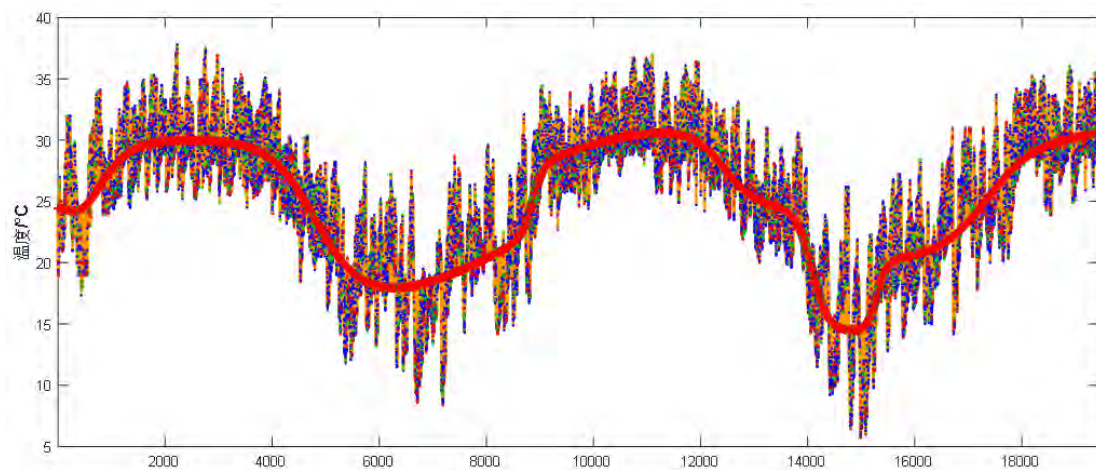
具体的预测流程与问题三大致相同，第一阶段以各自的气象实测与时间数据进行训练，得到各监测点 2021 年 7 月 13 日至 7 月 15 日的气象条件预测值；第二阶段预测时，首先合并监测点 A、A1、A2、A3 的气象条件逐小时实测数据和污染物浓度逐小时实测数据，构建各监测点共同的数据集，进行训练。后面的步骤按问题三中的流程进行，这里不再赘述。

7.3 神经网络训练

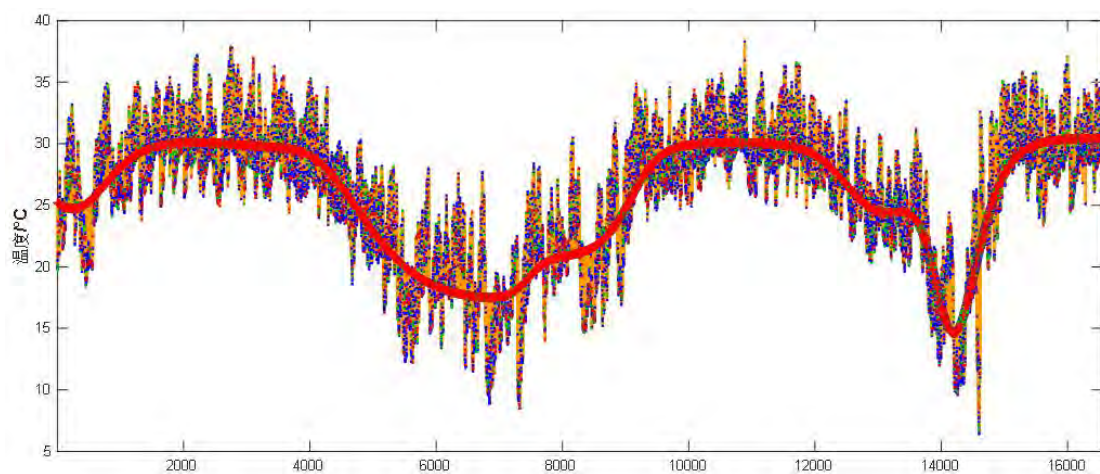
(1) 以温度实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A1 温度随时间的训练情况



(b) 监测点 A2 温度随时间的训练情况



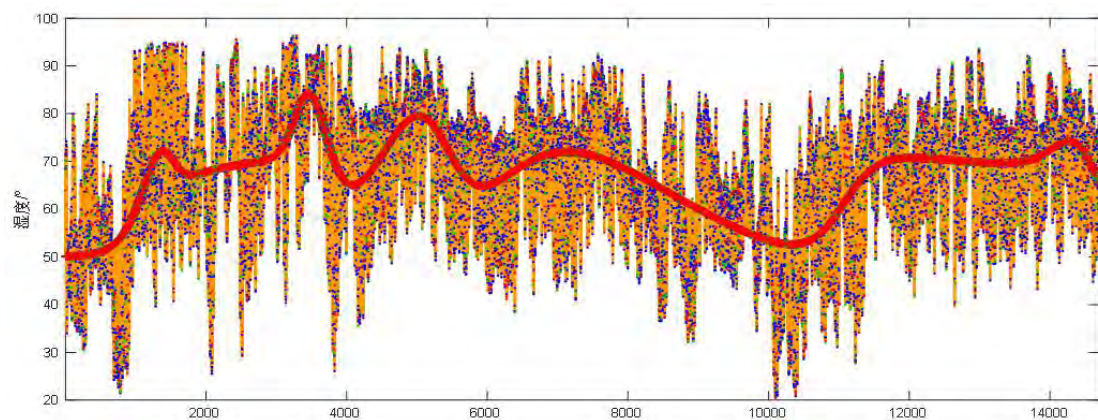
(c) 监测点 A3 温度随时间的训练情况

图 7-1 以温度为特征的神经网络训练情况

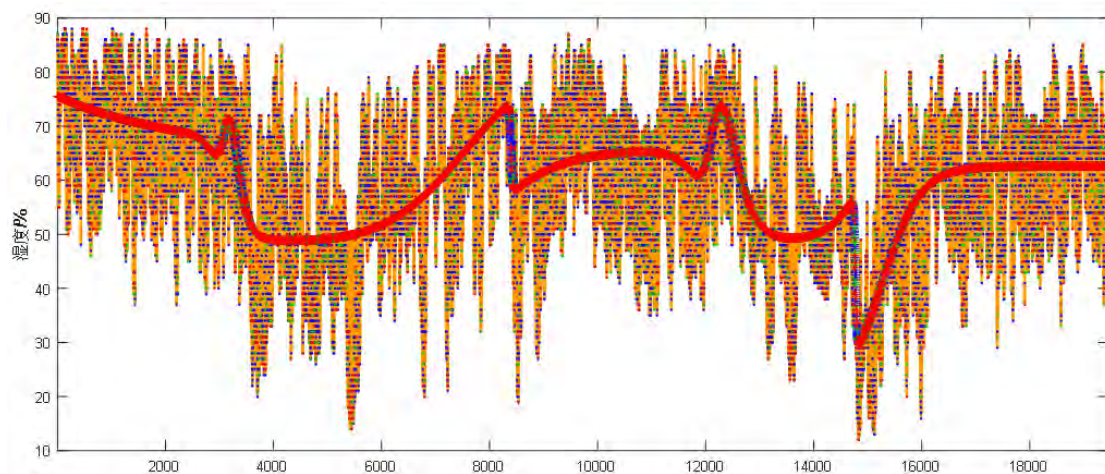
由上图可得，监测点 A1、A2、A3 的温度实测值基本呈周期性变化，结合上一章的分

析可验证此结论，因此，在误差范围内可认为以上三地的温度是随着时间呈周期性变化的，变化周期为一年。

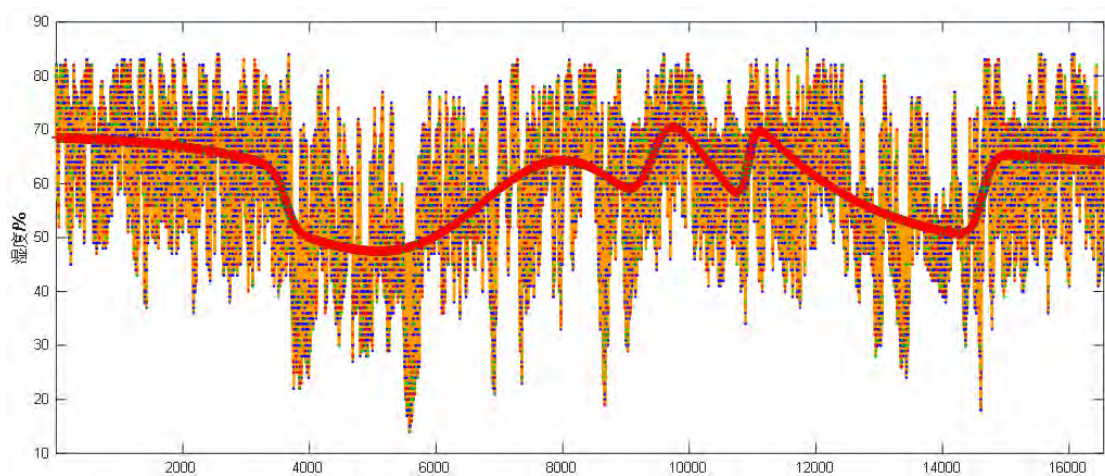
(2) 以湿度实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A1 湿度随时间的训练情况



(b) 监测点 A2 湿度随时间的训练情况



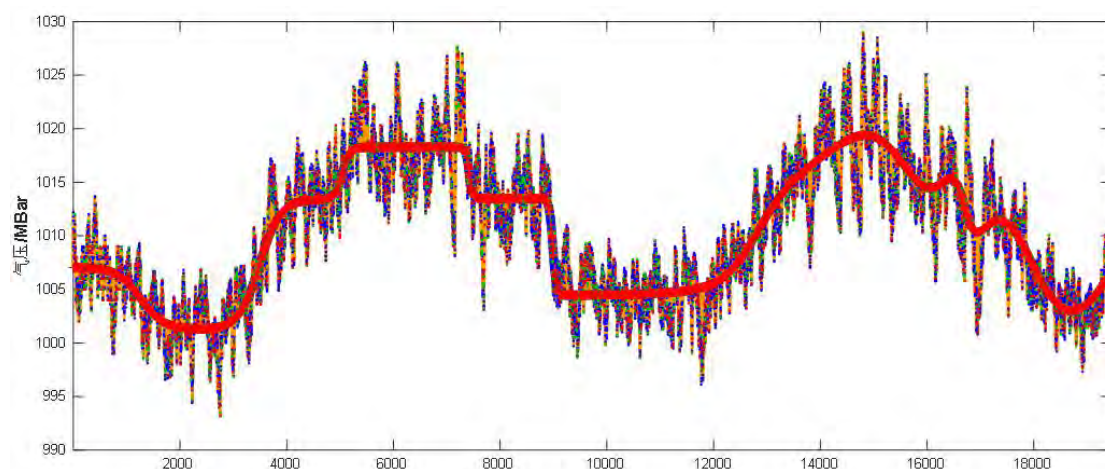
(c) 监测点 A3 湿度随时间的训练情况

图 7-2 以湿度为特征的神经网络训练情况

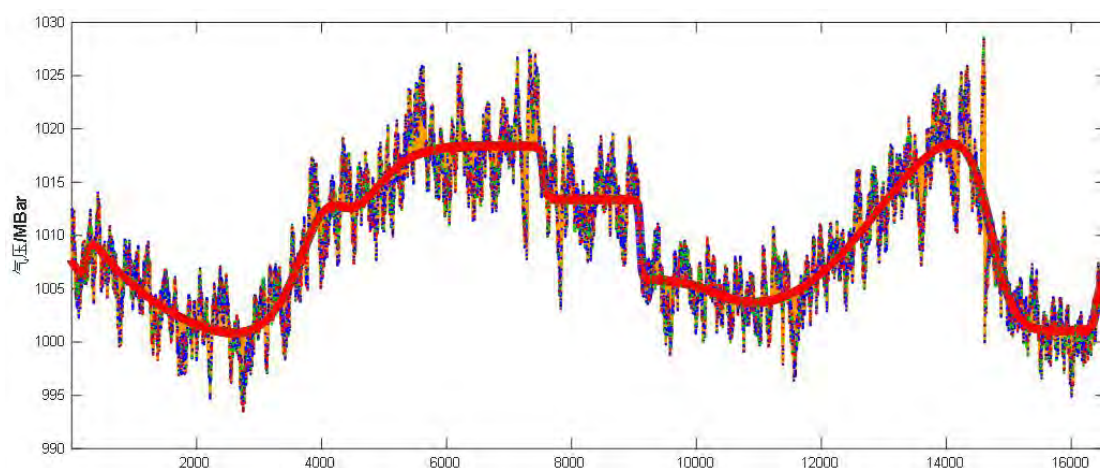
通过分析以上三组图像可得，其拟合曲线的波动相对较大，分析以上实测数据的曲线

走势可得 A2 和 A3 的监测数据周期性变化较明显，而 A1 处的数据相对来说不如其他两组数据周期性明显，但考虑到原始数据的误差，可将其视为随时间周期性变化。

(3) 以气压实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A2 气压随时间的训练情况

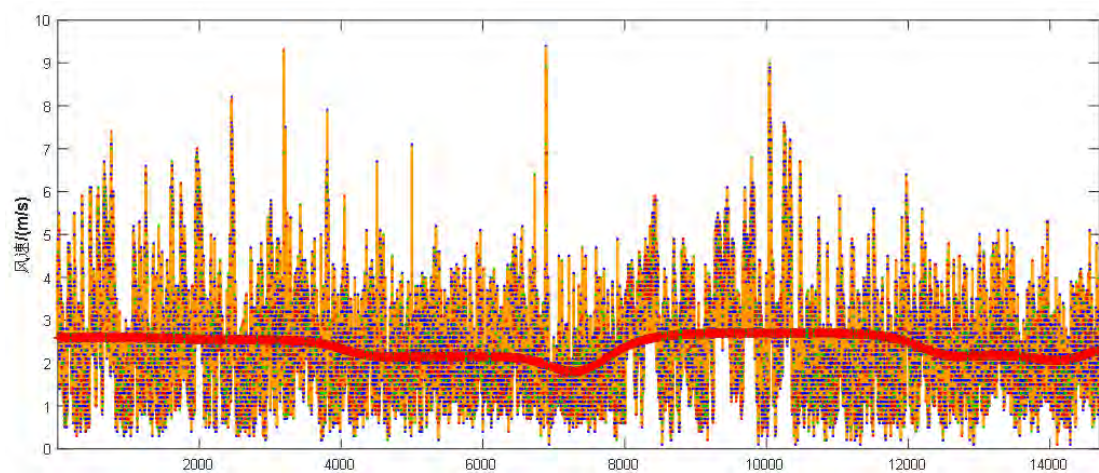


(b) 监测点 A3 气压随时间的训练情况

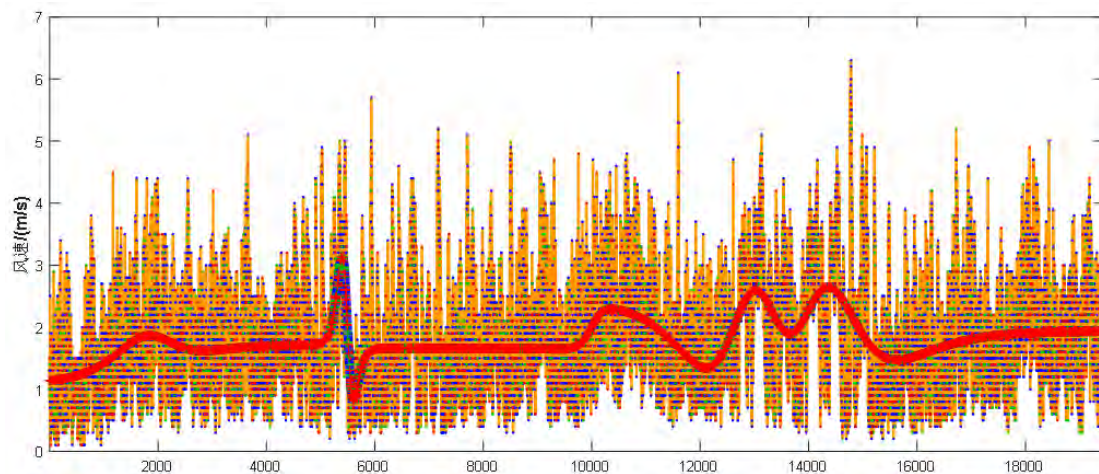
图 7-3 以气压为特征的神经网络训练情况

由于缺乏监测点 A1 处的实测数据，因此只对 A2、和 A3 的数据进行分析，通过观察图像可以发现，二者曲线走势及测量值基本一致，均为随时间而周期性变化，变化周期为一年。

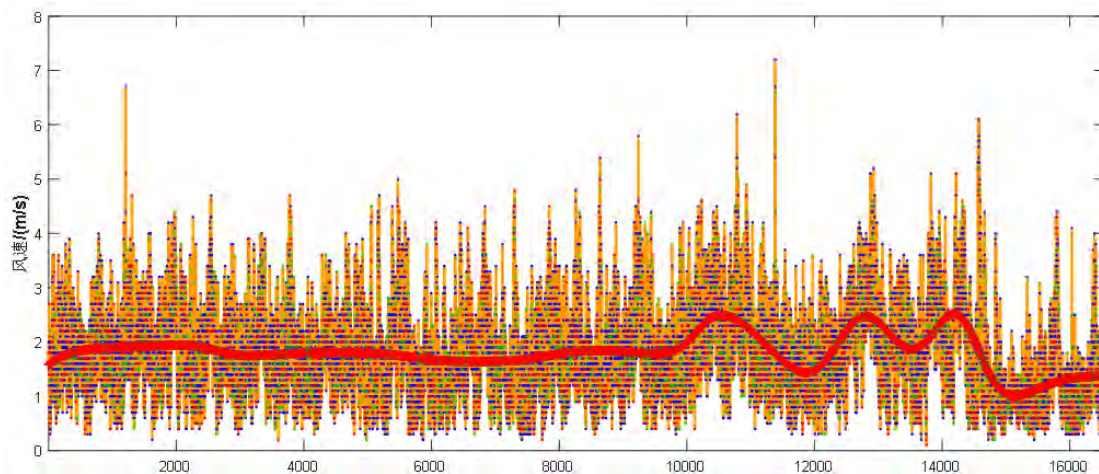
(4) 以风速实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A1 风速随时间的训练情况



(b) 监测点 A2 风速随时间的训练情况

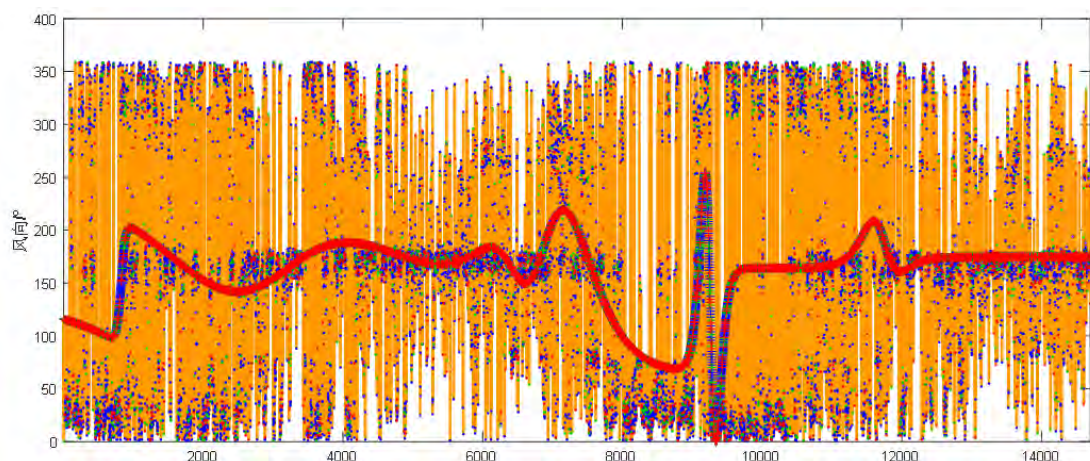


(c) 监测点 A3 风速随时间的训练情况

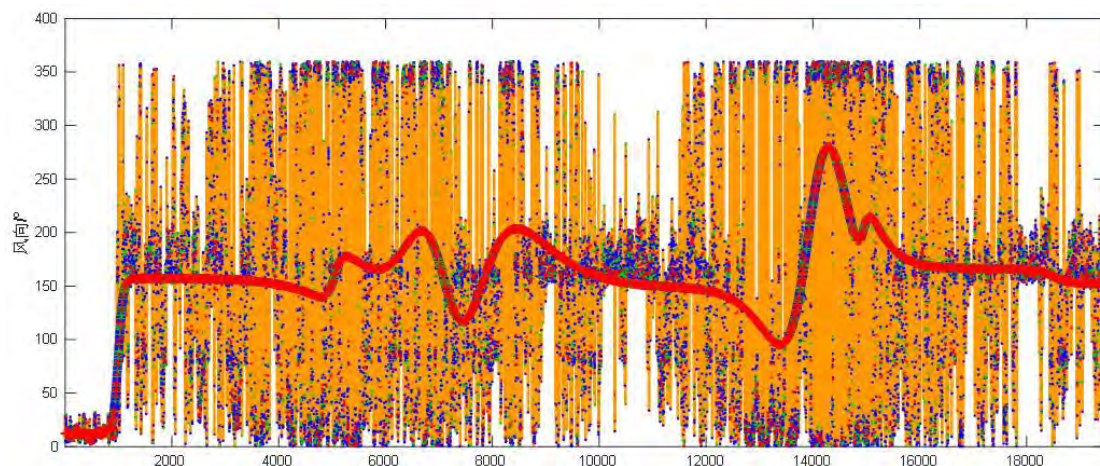
图 7-4 以风速为特征的神经网络训练情况

由以上三组数据可得，三个监测点的风速虽有一定的波动，但整体稳定在一定的范围内，其拟合曲线的趋势走向也较为平缓，因此可视其为随时间周期性变化。

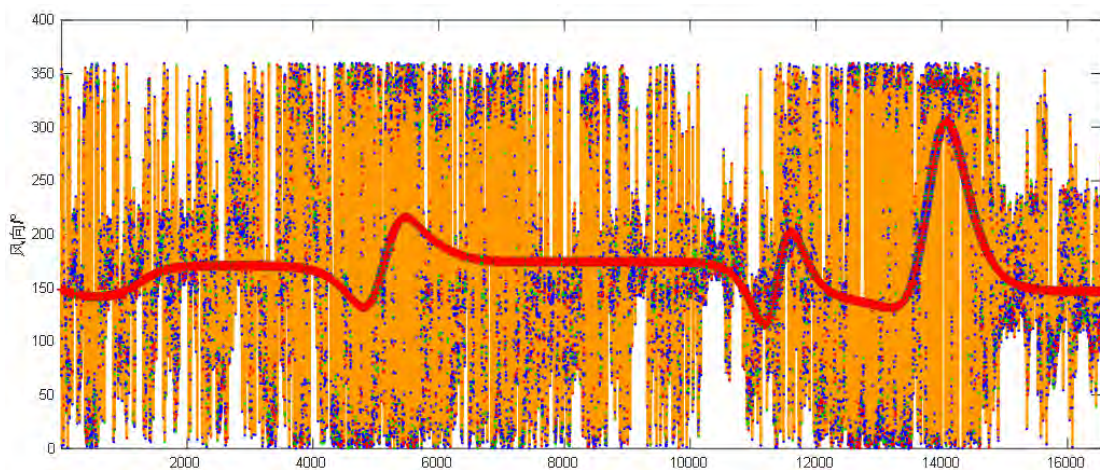
(5) 以风向实测为输出的神经网络训练结果



(a) 监测点 A1 风向随时间的训练情况



(b) 监测点 A2 风向随时间的训练情况



(c) 监测点 A3 风向随时间的训练情况

图 7-5 以风向为特征的神经网络训练情况

此组的风向波动也较大，且其变化无明显规律，结合上一章的关于风向的实测数据可认为，其变化情况随时间无明显的关系。

监测点 A1、B1、C1 气象预测结果及对应的污染物浓度修正值预测见附录。

7.4 预测结果

根据第二阶段随机森林预测模型预测出的污染物浓度的逐小时浓度修正值与污染物浓度的一次预报值得到 2021 年 7 月 13 日至 7 月 15 日各监测点的污染物浓度二次预报值，代入到问题 1 中的程序得到监测点 A、B、C 的二次预报结果，见表 7-2、7-3、7-4、7-5。

表 7-2 监测点 A 二次模型预测

预报日期	地点	二次模型日值预测							
		SO ₂ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	O ₃ 最大八 小时滑动平 均 (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	AQI	首要 污染 物
2021/7/13	监测点 A	6.128147	12.82953	18.35984	6.540637	95.370625	0.334668	48	无
2021/7/14	监测点 A	6.088543	14.135405	17.836145	6.871698	102.921235	0.357574	53	O ₃
2021/7/15	监测点 A	5.240322	12.61813	19.424375	6.959164	101.590375	0.378004	52	O ₃

表 7-3 监测点 A1 二次模型预测

预报日期	地点	二次模型日值预测							
		SO ₂ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	O ₃ 最大八 小时滑动平 均 (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	AQI	首要 污染 物
2021/7/13	监测点 A1	7.51528	13.2531	27.1342	9.33395	106.775	0.31328	56	O ₃
2021/7/14	监测点 A1	8.77678	14.5463	27.1425	9.0357	115.631	0.30505	64	O ₃
2021/7/15	监测点 A1	7.96991	13.2546	26.347	9.37172	110.119	0.36761	59	O ₃

表 7-4 监测点 A2 二次模型预测

预报日期	地点	二次模型日值预测							
		SO ₂ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	O ₃ 最大八 小时滑动平 均 (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	AQI	首要 污染 物
2021/7/13	监测点 A2	6.42607	16.3254	22.8535	6.04529	96.0156	0.42794	49	无
2021/7/14	监测点 A2	6.86979	17.5876	22.677	5.89966	103.371	0.43648	53	O ₃
2021/7/15	监测点 A2	4.2098	15.3542	23.6447	7.1165	96.3531	0.48449	49	无

表 7-5 监测点 A3 二次模型预测

预报日期	地点	二次模型日值预测							
		SO ₂ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2.5} (μg/m ³)	O ₃ 最大八小 时滑动平均 (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	AQI	首要 污染 物
2021/7/13	监测点 A3	5.39454	10.56258	12.15390	5.72052	90.42189	0.28726	46	无
2021/7/14	监测点 A3	4.54450	11.89973	11.20909	6.58932	97.56747	0.33124	49	无
2021/7/15	监测点 A3	4.76680	10.72190	14.12313	5.89974	101.32129	0.31827	52	O ₃

7.5 讨论分析

计算 A 到 A1、A2、A3 的直线距离分别是 14.62km、10.11km、6.03km，分析 A 与 A1、A2、A3 的污染物浓度皮尔逊平均相关系数为 0.8385、0.8956、0.7655，发现 A 与 A3 虽然距离很近但相关性却相对较低，这说明除距离以外，可能还存在其他的特征能够说明 A、A1、A2、A3 四个区域污染物浓度的相关性。例如，四个区域各自的地形可能会影响各自的污染物浓度预测，海拔越高，温度与气压会发生相应的变化；若某预测点位于山下，风速、风向会发生相应变化。此时，如果建立协同预报模型非但不能提升二次预报准确度，反而会引入不合理的数据，增大二次预报的误差。因此，我们最后得出结论：问题 4 的协同预报模型不能提升监测点 A 的污染物浓度预报准确度。

八、参考文献

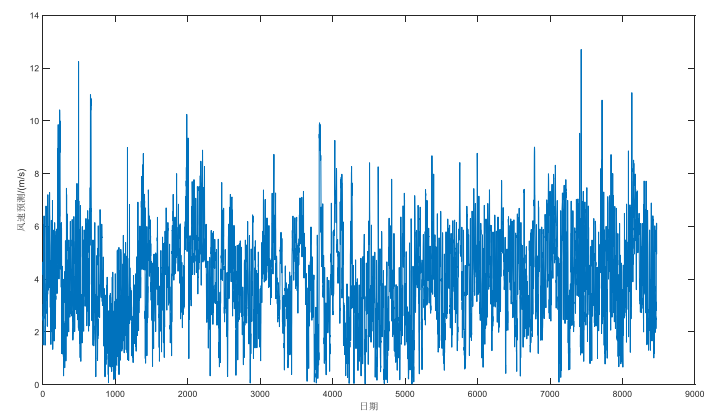
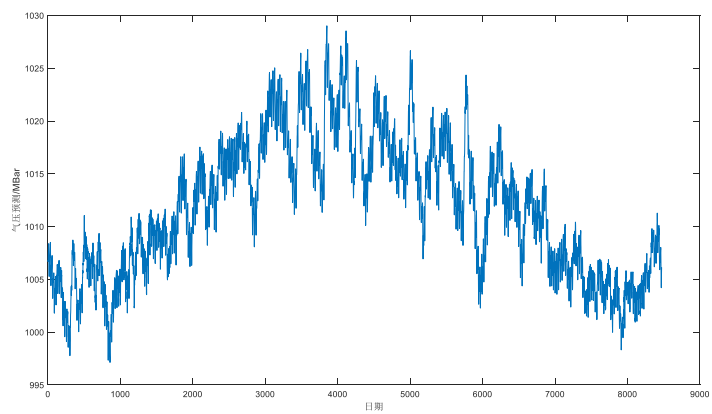
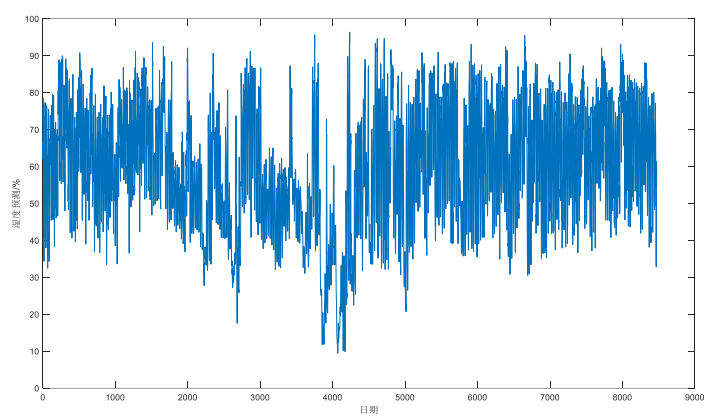
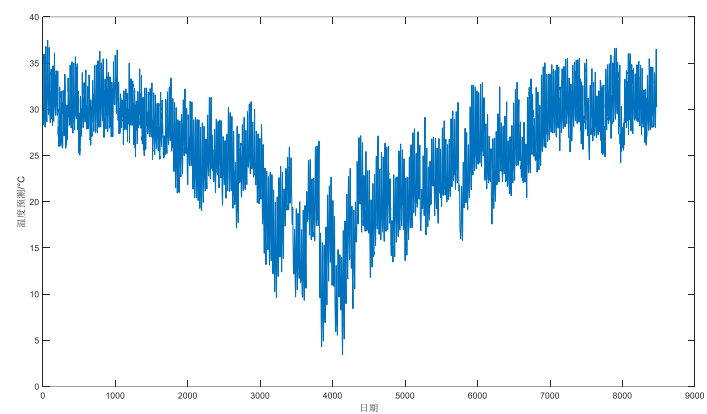
- [1] 张楠. 基于优化的 BP 神经网络与 SVR 算法对 AQI 的预测研究[D].中北大学,2019.
- [2] 周凯,刘萍.基于数据挖掘的空气质量预测模型研究[J].计算机与数字工程,2021,49(08):1631-1636.
- [3] 卢亚灵,李勃,范朝阳,王建童,张鸿宇,蒋洪强.空气质量预测模拟技术演变与发展研究[J].中国环境管理,2021,13(04):84-92.
- [4] 远佳琼. 面向密集站点场景的空气质量预测研究[D].西北师范大学,2021.
- [5] 伍小丽. 基于新灰色非线性模型的长三角地区空气污染物预测及其缓解策略[D].常州大学,2021.
- [6] 周凯,刘萍.基于数据挖掘的空气质量预测模型研究[J].计算机与数字工程,2021,49(08):1631-1636.
- [7] 方伟,朱润苏.基于时空相似 LSTM 的空气质量预测模型[J].计算机应用研究,2021,38(09):2640-2645.
- [8] 金仁浩,曾国静,王莎.基于神经网络模型的空气质量预测研究[J].黑龙江科学,2021,12(12):15-19.
- [9] 范彩云,孙汝意,童君逸.基于空间因素 LSTM 神经网络的空气质量指数预测[J].数学的实践与认识,2021,51(15):194-202.
- [10] 谭若洋. 基于改进的 PSO 的 BP 神经网络模型的建立及在空气质量预测中的应用[D].重庆工商大学,2021.

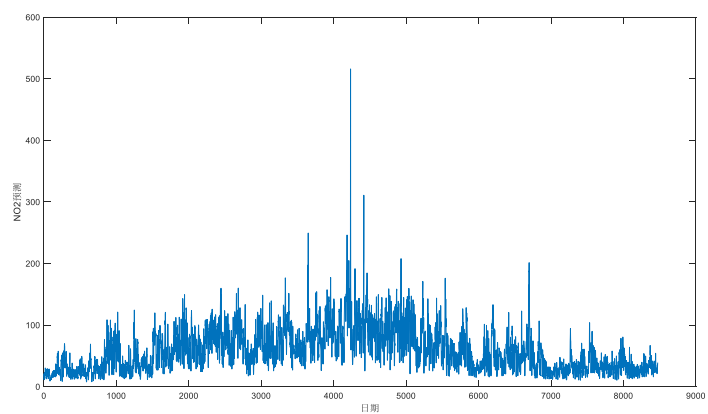
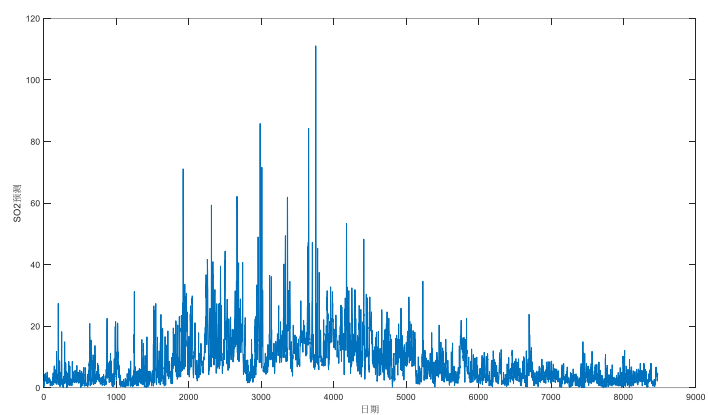
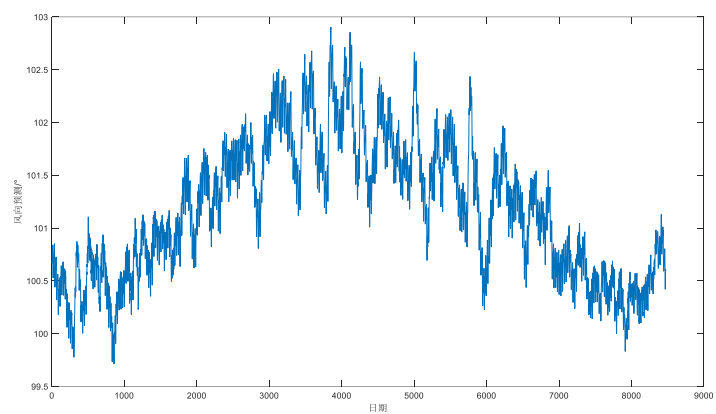
附录

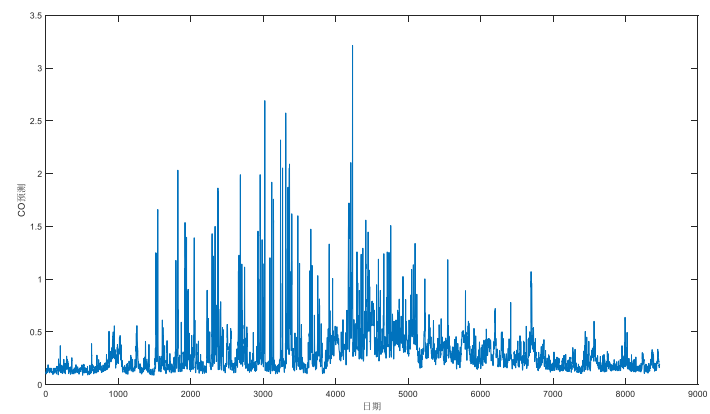
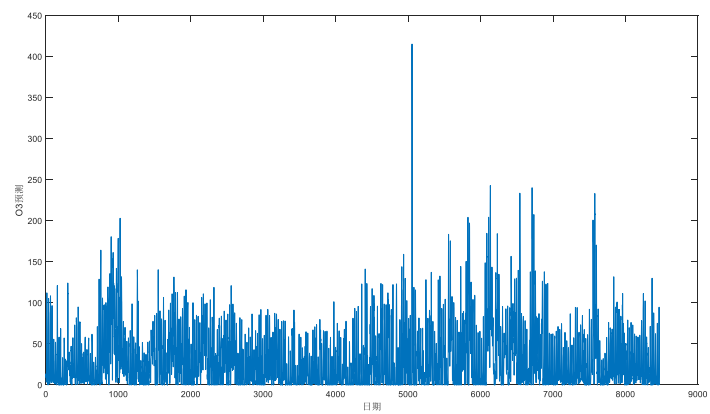
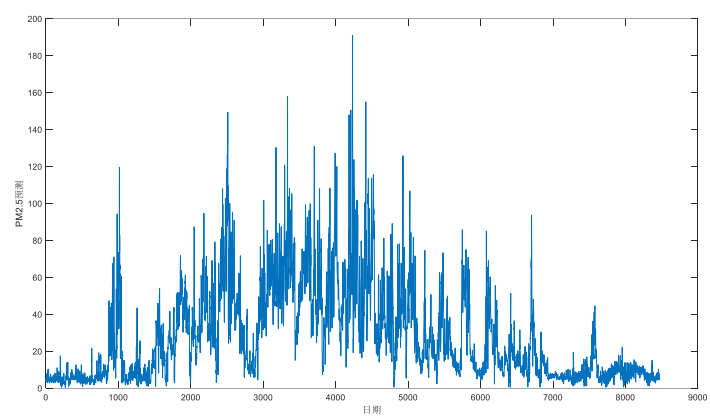
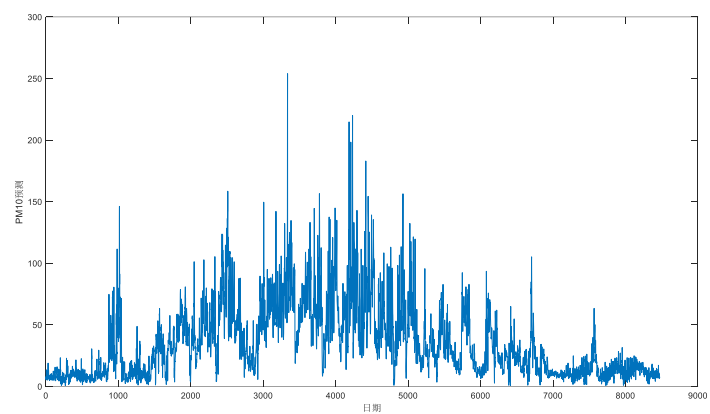
(1)AQI 计算程序

```
function [AqI,k] = AQI_calculate(fname)
%% 计量标准设定
IAQI = [0,50,100,150,200,300,400,500];
SO2 = [0,50,150,475,800,1600,2100,2620];
NO2 = [0,40,80,180,280,565,750,940];
PM10 = [0,50,150,250,350,420,500,600];
PM25 = [0,35,75,115,150,250,350,500];
O3 = [0,100,160,215,265,800,800,800];
CO = [0,2,4,14,24,36,48,60];
chart = [SO2;NO2;PM10;PM25;O3;CO];
%% 读取数据
filename = fname;
sheet = 1;
xlRange = 'C2:H4';
A = xlsread(filename,sheet,xlRange);
[m,n] = size(A);
for j = 1:n
    for i = 1:m
        Chart = chart(j,:);
        B = [Chart,A(i,j)];
        B = sort(B);
        k = find(B == A(i,j));
        BP1 = Chart(k-1);
        BP2 = Chart(k);
        IA1 = IAQI(k-1);
        IA2 = IAQI(k);
        C(i,j) = ceil((((IA2-IA1)/(BP2-BP1))*(A(i,j)-BP1)+IA1);
    end
end
for i = 1:m
    AqI(i) = max(C(i,:));
    k(i) = find(C(i,:)==AqI(i));
end
end
```

(2)监测点 A 一次预报图







(3)问题 3 第一阶段气象预测

监测点 A 气象预测值

温度(℃)	湿度(%)	气压(MBar)	风速(m/s)	风向(°)
31.05346	78.2968	1004.395	1.462519	170.2864
31.05466	78.30032	1004.394	1.46245	170.2656
31.05587	78.30383	1004.394	1.462381	170.2448
31.05708	78.30734	1004.393	1.462312	170.2239
31.05829	78.31085	1004.392	1.462243	170.2031
31.05949	78.31436	1004.392	1.462174	170.1824
31.0607	78.31787	1004.391	1.462105	170.1616
31.0619	78.32137	1004.391	1.462036	170.1408
31.06311	78.32488	1004.39	1.461967	170.12
31.06431	78.32838	1004.389	1.461899	170.0993
31.06552	78.33189	1004.389	1.46183	170.0785
31.06672	78.33539	1004.388	1.461761	170.0577
31.06793	78.33889	1004.387	1.461692	170.037
31.06913	78.34239	1004.387	1.461623	170.0163
31.07033	78.34588	1004.386	1.461555	169.9955
31.07153	78.34938	1004.385	1.461486	169.9748
31.07274	78.35288	1004.385	1.461417	169.9541
31.07394	78.35637	1004.384	1.461348	169.9334
31.07514	78.35986	1004.383	1.46128	169.9127
31.07634	78.36335	1004.383	1.461211	169.892
31.07754	78.36685	1004.382	1.461142	169.8713
31.07874	78.37033	1004.381	1.461074	169.8506
31.07994	78.37382	1004.381	1.461005	169.8299
31.08114	78.37731	1004.38	1.460937	169.8092
31.08234	78.3808	1004.379	1.460868	169.7886
31.08354	78.38428	1004.379	1.4608	169.7679
31.08474	78.38776	1004.378	1.460731	169.7473
31.08593	78.39125	1004.377	1.460663	169.7266
31.08713	78.39473	1004.377	1.460594	169.706
31.08833	78.39821	1004.376	1.460526	169.6853
31.08952	78.40168	1004.376	1.460458	169.6647
31.09072	78.40516	1004.375	1.460389	169.6441
31.09192	78.40864	1004.374	1.460321	169.6235
31.09311	78.41211	1004.374	1.460253	169.6029
31.09431	78.41559	1004.373	1.460184	169.5823
31.0955	78.41906	1004.372	1.460116	169.5617
31.09669	78.42253	1004.372	1.460048	169.5411
31.09789	78.426	1004.371	1.45998	169.5205
31.09908	78.42947	1004.37	1.459911	169.4999
31.10027	78.43294	1004.37	1.459843	169.4794

31.10147	78.4364	1004.369	1.459775	169.4588
31.10266	78.43987	1004.368	1.459707	169.4383
31.10385	78.44333	1004.368	1.459639	169.4177
31.10504	78.4468	1004.367	1.459571	169.3972
31.10623	78.45026	1004.366	1.459503	169.3766
31.10742	78.45372	1004.366	1.459435	169.3561
31.10861	78.45718	1004.365	1.459367	169.3356
31.1098	78.46064	1004.365	1.459299	169.3151
31.11099	78.46409	1004.364	1.459231	169.2946
31.11218	78.46755	1004.363	1.459163	169.2741
31.11337	78.471	1004.363	1.459095	169.2536
31.11456	78.47446	1004.362	1.459027	169.2331
31.11574	78.47791	1004.361	1.458959	169.2126
31.11693	78.48136	1004.361	1.458891	169.1921
31.11812	78.48481	1004.36	1.458823	169.1717
31.1193	78.48826	1004.359	1.458755	169.1512
31.12049	78.49171	1004.359	1.458688	169.1307
31.12168	78.49515	1004.358	1.45862	169.1103
31.12286	78.4986	1004.357	1.458552	169.0899
31.12405	78.50204	1004.357	1.458484	169.0694
31.12523	78.50548	1004.356	1.458417	169.049
31.12642	78.50893	1004.356	1.458349	169.0286
31.1276	78.51237	1004.355	1.458281	169.0082
31.12878	78.5158	1004.354	1.458214	168.9877
31.12997	78.51924	1004.354	1.458146	168.9673
31.13115	78.52268	1004.353	1.458079	168.9469
31.13233	78.52611	1004.352	1.458011	168.9266
31.13351	78.52955	1004.352	1.457943	168.9062
31.13469	78.53298	1004.351	1.457876	168.8858
31.13587	78.53641	1004.35	1.457808	168.8654
31.13705	78.53984	1004.35	1.457741	168.8451
31.13823	78.54327	1004.349	1.457673	168.8247

监测点 B 气象预测值

温度(°C)	湿度(%)	气压(MBar)	风速(m/s)	风向(°)
31.18639	80.85757	1004.561	1.843707	135.4695
31.18859	80.8599	1004.559	1.843753	135.4444
31.19077	80.86222	1004.557	1.843798	135.4194
31.19293	80.86452	1004.556	1.843844	135.3946
31.19508	80.86681	1004.554	1.843889	135.37
31.19721	80.86907	1004.553	1.843934	135.3456
31.19933	80.87132	1004.551	1.843978	135.3213
31.20144	80.87355	1004.549	1.844023	135.2971

31.20353	80.87577	1004.548	1.844067	135.2731
31.2056	80.87797	1004.546	1.844111	135.2493
31.20766	80.88015	1004.545	1.844155	135.2256
31.2097	80.88232	1004.543	1.844199	135.2021
31.21173	80.88446	1004.542	1.844242	135.1787
31.21375	80.88659	1004.54	1.844286	135.1555
31.21575	80.88871	1004.538	1.844329	135.1325
31.21773	80.89081	1004.537	1.844372	135.1096
31.2197	80.89289	1004.536	1.844414	135.0868
31.22166	80.89495	1004.534	1.844457	135.0642
31.2236	80.897	1004.533	1.844499	135.0418
31.22553	80.89903	1004.531	1.844541	135.0195
31.22744	80.90105	1004.53	1.844583	134.9974
31.22934	80.90305	1004.528	1.844625	134.9754
31.23122	80.90503	1004.527	1.844666	134.9535
31.23309	80.907	1004.525	1.844708	134.9319
31.23494	80.90895	1004.524	1.844749	134.9103
31.23678	80.91088	1004.523	1.84479	134.8889
31.23861	80.9128	1004.521	1.84483	134.8677
31.24042	80.91471	1004.52	1.844871	134.8466
31.24222	80.91659	1004.519	1.844911	134.8257
31.244	80.91846	1004.517	1.844951	134.8049
31.24577	80.92032	1004.516	1.844991	134.7842
31.24753	80.92216	1004.515	1.845031	134.7637
31.24927	80.92398	1004.513	1.84507	134.7434
31.25099	80.92579	1004.512	1.84511	134.7231
31.25271	80.92758	1004.511	1.845149	134.7031
31.25441	80.92936	1004.51	1.845188	134.6832
31.25609	80.93112	1004.508	1.845226	134.6634
31.25776	80.93286	1004.507	1.845265	134.6437
31.25942	80.93459	1004.506	1.845303	134.6243
31.26107	80.9363	1004.505	1.845342	134.6049
31.2627	80.938	1004.503	1.84538	134.5857
31.26432	80.93969	1004.502	1.845417	134.5666
31.26592	80.94136	1004.501	1.845455	134.5477
31.26751	80.94301	1004.5	1.845492	134.5289
31.26909	80.94465	1004.499	1.84553	134.5103
31.27065	80.94627	1004.498	1.845567	134.4918
31.2722	80.94788	1004.496	1.845604	134.4734
31.27374	80.94947	1004.495	1.84564	134.4552
31.27526	80.95105	1004.494	1.845677	134.4371
31.27677	80.95261	1004.493	1.845713	134.4192
31.27827	80.95416	1004.492	1.845749	134.4014

31.27975	80.95569	1004.491	1.845785	134.3837
31.28122	80.95721	1004.49	1.845821	134.3662
31.28268	80.95871	1004.489	1.845857	134.3488
31.28413	80.9602	1004.488	1.845892	134.3315
31.28556	80.96168	1004.487	1.845927	134.3144
31.28698	80.96314	1004.486	1.845962	134.2974
31.28838	80.96458	1004.485	1.845997	134.2805
31.28978	80.96602	1004.484	1.846032	134.2638
31.29116	80.96743	1004.483	1.846066	134.2472
31.29252	80.96883	1004.482	1.846101	134.2308
31.29388	80.97022	1004.481	1.846135	134.2145
31.29522	80.9716	1004.48	1.846169	134.1983
31.29655	80.97296	1004.479	1.846203	134.1822
31.29787	80.9743	1004.478	1.846236	134.1663
31.29917	80.97563	1004.477	1.84627	134.1505
31.30047	80.97695	1004.476	1.846303	134.1348
31.30175	80.97826	1004.475	1.846336	134.1193
31.30302	80.97955	1004.474	1.846369	134.1039
31.30427	80.98082	1004.473	1.846402	134.0886
31.30551	80.98208	1004.472	1.846434	134.0734
31.30675	80.98333	1004.471	1.846467	134.0584

监测点 C 气象预测值

温度(°C)	气压(MBar)	风速(m/s)	风向(°)
29.530017	1000.93696	2.11642667	229.921008
29.5294212	1000.93768	2.11667012	229.913042
29.5288258	1000.9384	2.11691323	229.905085
29.5282306	1000.93913	2.11715599	229.897138
29.5276359	1000.93985	2.1173984	229.889201
29.5270414	1000.94057	2.11764047	229.881273
29.5264474	1000.94129	2.1178822	229.873354
29.5258537	1000.94201	2.11812358	229.865444
29.5252603	1000.94273	2.11836461	229.857544
29.5246673	1000.94345	2.1186053	229.849653
29.5240747	1000.94417	2.11884565	229.841772
29.5234824	1000.94488	2.11908565	229.8339
29.5228905	1000.9456	2.11932531	229.826037
29.5222989	1000.94632	2.11956463	229.818184
29.5217077	1000.94704	2.1198036	229.81034
29.5211169	1000.94775	2.12004223	229.802506
29.5205265	1000.94847	2.12028052	229.794681
29.5199364	1000.94918	2.12051847	229.786865
29.5193467	1000.9499	2.12075607	229.779058

29.5187573	1000.95061	2.12099334	229.771261
29.5181684	1000.95132	2.12123026	229.763474
29.5175798	1000.95204	2.12146685	229.755695
29.5169916	1000.95275	2.12170309	229.747926
29.5164037	1000.95346	2.12193899	229.740167
29.5158163	1000.95417	2.12217456	229.732416
29.5152292	1000.95489	2.12240978	229.724675
29.5146425	1000.95556	2.12264466	229.716944
29.5140562	1000.95631	2.12287921	229.709221
29.5134702	1000.95702	2.12311342	229.701509
29.5128847	1000.95773	2.12334729	229.693805
29.5122995	1000.95843	2.12358082	229.686111
29.5117148	1000.95914	2.12381401	229.678426
29.5111304	1000.95985	2.12404687	229.67075
29.5105464	1000.96056	2.12427939	229.663084
29.5099628	1000.96126	2.12451157	229.655427
29.5093796	1000.96197	2.12474342	229.64778
29.5087968	1000.96267	2.12497493	229.640142
29.5082144	1000.96338	2.12520611	229.632513
29.5076324	1000.96408	2.12543695	229.624893
29.5070507	1000.96479	2.12566745	229.617283
29.5064695	1000.96549	2.12589762	229.609682
29.5058887	1000.96619	2.12612746	229.60209
29.5053083	1000.9669	2.12635696	229.594508
29.5047283	1000.9676	2.12658613	229.586935
29.5041486	1000.9683	2.12681496	229.579371
29.5035694	1000.969	2.12704346	229.571817
29.5029906	1000.9697	2.12727163	229.564272
29.5024122	1000.9704	2.12749946	229.556736
29.5018343	1000.9711	2.12772697	229.54921
29.5012567	1000.9718	2.12795414	229.541692
29.5006795	1000.9725	2.12818098	229.534185
29.5001028	1000.97319	2.12840748	229.526686
29.4995264	1000.97389	2.12863366	229.519197
29.4989505	1000.97459	2.12885951	229.511717
29.498375	1000.97528	2.12908502	229.504246
29.4977999	1000.97598	2.12931021	229.496784
29.4972252	1000.97667	2.12953506	229.489332
29.496651	1000.97737	2.12975959	229.481889
29.4960771	1000.97806	2.12998379	229.474456
29.4955037	1000.97876	2.13020765	229.467031
29.4949307	1000.97945	2.13043119	229.459616
29.4943582	1000.98014	2.1306544	229.45221

29.493786	1000.98083	2.13087729	229.444814
29.4932143	1000.98152	2.13109984	229.437426
29.492643	1000.98221	2.13132207	229.430048
29.4920722	1000.9829	2.13154397	229.422679
29.4915017	1000.98359	2.13176555	229.41532
29.4909317	1000.98428	2.1319868	229.407969
29.4903621	1000.98497	2.13220772	229.400628
29.489793	1000.98566	2.13242831	229.393296
29.4892243	1000.98634	2.13264859	229.385974
29.488656	1000.98703	2.13286853	229.37866

(4)问题 3 第二阶段浓度误差修正结果

监测点 A 浓度修正值预测

SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	CO
0.47689	-14.1884	10.86013	-0.73426	106.6727	0.022476
3.10966	-13.0103	11.52615	-0.12218	106.6602	0.041148
3.53523	-12.7987	11.78905	0.13692	106.6499	0.042051
3.54557	-13.0804	11.34685	-0.00353	106.6036	0.033181
3.33227	-13.6683	10.18846	-0.68108	106.6494	0.058806
3.31935	-14.8001	7.41382	-2.18505	106.6752	0.110339
2.85013	-15.3293	1.41292	-5.65176	105.5743	0.084573
1.86638	-13.3962	4.63732	-4.35344	102.1705	0.084901
2.20083	-10.9637	7.71592	-2.42239	97.08103	0.089624
2.28022	-10.6867	7.35782	-2.88363	91.00926	0.095779
2.55505	-12.8981	8.6453	-2.21616	79.07096	0.114971
2.352	-17.4783	9.9002	-1.54206	62.23516	0.109919
2.54114	-14.9343	7.95632	-3.32383	37.57756	0.132423
2.69531	-13.7513	8.72622	-2.98494	25.48846	0.137006
4.02856	-8.35967	9.04129	-2.9902	12.13076	0.1563
4.56505	-11.4516	10.50769	-1.71406	11.96366	0.151751
5.02909	-14.8329	11.61696	-0.67947	22.04666	0.161437
4.97518	-17.02	11.43295	-0.7242	48.38226	0.172694
4.28592	-21.4831	12.03654	-0.0362	78.18916	0.168505
3.96053	-22.1044	11.93905	0.1057	99.95109	0.159358
2.95482	-18.3232	11.29531	-0.25292	105.9065	0.149923
2.80766	-20.8461	10.77281	-0.65432	106.0073	0.143238
3.01027	-24.3036	10.87495	-0.78769	105.7277	0.141083
2.56666	-26.2864	11.76763	-0.38601	105.5062	0.13782
2.51735	-25.4654	13.4911	0.46884	112.3057	0.310266
3.56366	-23.2927	13.8144	0.86881	112.2444	0.32152
3.27376	-22.2217	13.73479	0.99367	112.7617	0.318141
2.50853	-23.0593	13.59888	0.9611	113.3117	0.295729
2.03056	-25.2196	12.77404	0.59359	113.437	0.273174
1.83744	-28.3659	9.79326	-0.77348	113.4644	0.243253

0.55202	-31.3729	4.11186	-3.44571	112.3464	0.219326
-0.27907	-31.2027	7.35146	-2.23782	108.3292	0.236718
2.6682	-26.4463	11.55011	-0.33773	100.6112	0.271431
3.29174	-16.9287	11.56003	-0.56535	84.08246	0.311935
2.28921	-14.3972	11.81993	-0.8501	61.28476	0.321522
1.89616	-15.5567	11.69364	-1.22878	36.74706	0.315119
2.05565	-18.963	9.48366	-3.1021	21.42406	0.284501
2.10355	-19.7338	8.50866	-4.4397	3.25966	0.228654
1.86525	-15.6685	10.41449	-2.84272	-5.32434	0.245986
2.58679	-13.9792	11.59796	-1.73914	5.21766	0.273363
2.64939	-14.8483	12.36803	-0.9392	30.51186	0.293364
2.18357	-20.698	12.62645	-0.51013	59.69036	0.298463
2.46428	-28.4891	12.10512	-0.68594	87.73026	0.295002
2.3248	-35.6528	11.82739	-0.74599	108.7493	0.27566
1.83889	-32.4782	11.26275	-0.89277	113.2438	0.261554
1.3094	-29.3337	11.19358	-0.88057	113.3696	0.271979
0.31673	-28.0061	11.96565	-0.51536	113.4382	0.273475
0.33789	-26.8954	12.9032	0.05992	113.4468	0.281702
1.01621	-25.5594	14.51188	0.16507	135.1899	0.234275
2.79573	-22.3685	15.33153	0.84851	134.3453	0.249129
3.58781	-21.1924	16.12073	1.41682	132.6624	0.231377
3.56114	-23.7433	15.68583	1.18121	133.5677	0.182287
3.35495	-26.4087	15.04103	0.82792	134.6638	0.145469
2.90735	-27.723	13.6701	0.13481	135.0609	0.138825
2.27805	-26.7738	12.06071	-0.57835	132.6477	0.132119
0.64436	-22.054	12.826	-0.273	127.7636	0.128676
1.05543	-19.8298	13.09152	-0.26056	123.8024	0.111891
1.12235	-23.2982	12.3163	-1.2089	115.5656	0.097553
1.94544	-30.7525	8.83702	-4.23951	103.7196	0.077953
2.53433	-38.383	6.07382	-6.79397	95.05378	0.076589
3.67539	-35.3575	6.10632	-7.61617	71.55918	0.146268
4.13808	-17.3433	6.87512	-7.34117	7.25068	0.218892
4.83951	-11.5768	10.55392	-3.96066	-2.76832	0.242232
5.39047	-19.5838	12.01274	-2.50514	27.86468	0.223991
5.20813	-26.3155	13.92308	-0.75156	55.80388	0.230774
4.80934	-33.4709	13.68525	-0.40523	88.96878	0.233735
4.30868	-35.5627	12.92516	-0.25384	125.1701	0.235662
4.15697	-33.2853	13.01481	-0.0998	134.8975	0.227424
3.89965	-29.8354	12.93462	-0.10944	135.2233	0.218112
3.75209	-30.0241	12.80677	-0.19503	135.2059	0.213921
2.83337	-30.8744	13.69603	0.13633	135.2298	0.191544
2.05124	-31.1155	14.53918	0.41991	135.2297	0.183223

监测点 B 浓度修正值预测

SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	CO
5.560557	4.56723	2.71583	-1.90454	11.48255	0.606712
5.583675	3.64938	2.69063	-1.96997	13.82995	0.605875
5.541231	0.85056	3.95563	-1.62336	16.76465	0.601757
5.541295	0.88726	4.59793	-1.169	17.17775	0.602676
5.554007	1.87154	2.36713	-2.13361	15.45325	0.60253
5.489726	-2.09765	2.92903	-2.17866	19.41155	0.59805
5.535897	1.97921	3.05513	-2.10051	13.58725	0.600726
5.600695	5.84343	6.38517	-0.69897	7.49755	0.603918
5.609943	5.52388	7.98624	-0.1307	4.39505	0.60424
5.607838	4.59534	9.01627	0.13303	0.11765	0.603915
5.642275	6.20279	9.63345	0.17864	-3.97895	0.604682
5.658405	7.71568	9.49064	0.11788	-4.00915	0.606117
5.668648	8.61652	9.70891	0.50538	1.64365	0.606889
5.669224	8.32141	8.88618	0.16634	4.86505	0.606821
5.665663	7.83431	9.16057	0.20097	6.52935	0.60687
5.665335	7.92666	10.04771	0.5178	7.70735	0.607269
5.656715	7.73998	10.22631	0.43451	8.27475	0.607138
5.61552	6.5644	10.4844	0.42783	10.10875	0.605706
5.543113	4.02087	9.80996	-0.09098	15.42705	0.601451
5.4865	1.19549	7.99187	-1.19105	24.29295	0.597108
5.43845	-1.15235	6.95148	-1.78335	27.18905	0.594629
5.433944	-1.82995	7.07924	-1.60158	27.46685	0.594916
5.434063	-1.32145	8.42959	-0.72411	26.81855	0.596347
5.444063	-0.61975	9.73008	0.09418	26.42085	0.598351
5.784023	-3.44066	11.19875	1.00589	30.11571	0.528735
5.835147	-2.48581	10.59594	0.61561	30.42901	0.529869
5.86673	-1.14612	10.84513	0.77207	29.91881	0.532287
5.873908	-1.08456	11.03789	0.93965	29.94391	0.532422
5.85769	-2.53062	10.23972	0.44416	30.56131	0.531588
5.794614	-5.64806	6.35816	-1.87952	32.26451	0.527101
5.745773	-5.53796	7.03606	-1.62271	29.83531	0.521712
5.832921	0.68841	11.86091	1.30398	22.48301	0.527616
5.884509	2.04186	12.73003	1.72743	14.54591	0.530784
5.837093	-4.77796	12.91475	1.62547	11.29541	0.530457
5.86715	-3.41496	13.62406	2.13641	11.40301	0.532244
5.979775	4.3879	14.19582	2.61198	9.61791	0.536274
5.998834	5.09054	13.72046	2.3936	12.71001	0.536787
5.999378	4.94181	13.53419	2.30313	12.70571	0.536659
6.000903	5.17064	13.12524	2.0547	13.28201	0.536907
5.996607	4.93629	12.87507	1.91163	13.82101	0.53662

5.992349	4.75891	13.0414	2.12785	17.38261	0.536609
5.984744	4.65461	13.12465	2.36019	20.66031	0.536669
5.978997	4.53391	12.55897	2.02689	21.61151	0.536322
5.977887	4.60496	11.45655	1.34793	21.29411	0.536028
5.96364	4.05755	10.85667	0.96129	21.52971	0.535328
5.95727	3.70833	10.98324	1.02769	21.50501	0.535103
5.94437	3.53392	11.18751	1.10928	21.40971	0.534988
5.861086	0.71696	10.64126	0.64982	24.76291	0.533098
5.742617	-0.52151	8.47761	-0.79833	30.12235	0.500297
5.827758	1.70688	8.55883	-0.66395	27.92605	0.502483
5.825941	1.52376	8.91444	-0.29593	27.61135	0.501992
5.819316	1.00779	9.03446	-0.00421	26.22485	0.502257
5.83767	1.96121	8.77865	0.21332	19.57195	0.505744
5.835518	2.29966	7.12347	-0.74594	14.28955	0.506534
5.857947	4.01905	6.66799	-0.79524	9.06325	0.506142
5.904508	6.29286	8.05486	0.00782	4.79065	0.507826
5.896315	4.62269	10.16899	0.82758	2.63265	0.507183
5.858723	1.35905	11.3154	1.28484	0.89615	0.505321
5.859857	1.50074	11.62019	1.27256	1.49165	0.50552
5.893655	3.74853	11.29218	1.06437	1.35125	0.506737
5.924646	6.20714	11.43877	1.17185	0.71325	0.508356
5.931599	6.95027	11.5666	1.17655	0.44725	0.508712
5.931573	7.09008	11.51756	1.03875	0.98895	0.508914
5.926474	6.90917	11.9261	1.43761	3.78595	0.509353
5.92158	6.46217	12.57618	2.13215	5.46985	0.510402
5.912137	5.60343	12.5801	2.21611	3.41675	0.511079
5.906876	5.18678	12.61011	2.25556	0.82835	0.511335
5.904566	5.22273	12.49195	2.10083	-1.50295	0.510851
5.879889	4.28383	12.11148	1.84977	-1.87855	0.5099
5.805344	0.73704	11.44215	1.47186	2.01095	0.506876
5.712563	-2.92577	11.19351	1.2931	7.93125	0.502829
5.63529	-5.48227	11.25198	1.2448	12.91765	0.499539

监测点 C 浓度修正值预测

SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	CO
1.70069	-14.7408	20.64393	1.35461	132.1538	0.256778
0.96003	-13.2082	22.53853	3.56681	132.1569	0.250512
1.00771	-12.3896	21.75553	3.72551	132.147	0.263355
1.132	-12.2582	21.47953	4.15511	132.1253	0.28089
0.98207	-12.6176	20.85173	4.06871	132.1348	0.287486
2.04931	-12.7807	12.12883	-0.71139	132.1047	0.302356
2.71195	-10.6482	5.41213	-4.10329	129.8555	0.314566
2.8872	-4.43918	15.47323	1.25351	124.3235	0.333577
3.15361	0.10562	19.89663	2.84621	118.2897	0.352511

4.02323	2.54952	22.89503	4.08751	104.7819	0.364698
4.67398	4.33082	23.79473	4.03121	79.69766	0.367543
4.7842	6.35745	24.01553	3.80661	54.56476	0.360798
4.47677	6.02794	24.48623	4.14031	39.01616	0.339952
4.33919	6.31862	23.76933	3.46511	18.63736	0.318814
4.57079	7.85689	22.39803	2.07571	4.55536	0.318995
4.75797	9.03896	22.44143	2.11281	-3.49164	0.32825
4.82464	9.03822	21.26453	1.03021	-4.65364	0.333857
4.79397	7.33949	20.21363	0.23861	-5.90064	0.331619
4.27443	1.68502	18.89633	-0.49019	5.43336	0.291097
3.9209	-3.67808	23.48483	4.15541	50.24966	0.323896
2.89275	-12.9583	21.61853	2.76031	86.75646	0.356654
3.07308	-16.9592	19.91543	1.06351	108.5401	0.269831
3.79816	-14.5004	23.61733	3.52991	117.5294	0.245818
3.37381	-15.8516	24.73353	4.03791	124.1452	0.239766
2.70406	-16.7178	17.27625	1.66006	124.7163	0.240041
1.86343	-17.2229	15.56215	0.99276	127.8467	0.220252
2.15885	-14.1405	14.38515	1.01546	128.06	0.269503
3.23566	-11.5035	15.13595	2.11076	127.4003	0.327664
3.76647	-9.88946	14.77035	2.15276	126.2552	0.362924
4.0355	-9.96626	7.96475	-1.22764	126.0905	0.372871
3.7253	-8.19056	-4.22165	-7.66704	123.8272	0.370532
3.59024	-0.70466	4.80275	-3.82054	115.1887	0.375149
4.29838	4.11124	15.34115	2.30156	105.482	0.387178
4.12065	3.39604	17.23175	2.90446	89.88151	0.383014
3.71143	3.31534	16.86175	2.24706	66.00701	0.373731
4.24592	6.64123	16.76955	1.65916	49.69091	0.379993
4.08244	6.34026	15.67775	0.42276	33.71101	0.363975
3.56539	7.14199	12.68155	-2.47234	11.99961	0.355035
3.27337	7.83148	12.89555	-2.51834	-0.30539	0.358102
3.75414	7.77314	14.56025	-1.18564	-6.14239	0.373032
3.5848	7.1987	13.14415	-2.39104	-13.2124	0.370229
3.37441	5.2764	11.99325	-3.10424	-13.7534	0.363678
3.75077	0.30104	15.80975	0.60926	11.54661	0.330598
5.12534	1.71724	19.23935	3.95583	55.10461	0.39272
3.19016	-9.97906	17.46725	2.57496	90.89181	0.354527
1.78928	-25.9378	12.00545	-1.77444	115.6187	0.251448
1.76028	-27.2051	13.00955	-1.12734	124.444	0.264307
1.79621	-23.8548	14.23645	-0.60064	127.1102	0.269203
1.43665	-16.0181	8.43171	3.89451	148.8055	0.152299
0.42735	-14.9684	5.78671	2.42391	148.8388	0.101792
-0.24156	-14.6846	0.74631	-0.52019	148.8463	0.051379
-0.78675	-14.6872	-2.73159	-2.00269	148.8464	0.027956

-0.59688	-14.2935	-4.26039	-2.34679	148.8465	0.024988
0.55856	-13.2006	-8.03139	-3.64859	148.8383	0.076062
1.98451	-10.1055	-12.5205	-4.89769	146.2192	0.224255
3.75116	-1.14664	-2.12809	1.09891	136.3412	0.313304
4.32605	3.94236	6.93131	5.74701	128.4026	0.321241
3.57098	6.32756	9.99871	6.76921	112.1208	0.322854
4.6039	11.13046	12.23651	7.42041	77.14102	0.344641
5.09765	14.57051	14.29961	8.39751	54.10252	0.347294
5.23484	15.67622	14.18621	7.98291	43.91662	0.34543
5.33707	16.27064	12.96271	6.89641	33.33862	0.342125
5.31203	15.89096	11.17051	5.07881	20.53062	0.336535
5.25112	14.59541	7.11711	1.41741	10.04262	0.33126
5.27802	13.90452	6.05011	0.37971	2.64562	0.325221
4.59624	10.34446	4.76681	-0.37469	-6.04838	0.306578
3.30416	-40.9929	-5.22169	-8.32179	62.76292	0.268211
4.92768	-90.1708	0.34771	-2.31319	145.9245	0.270274
3.9081	-83.4468	-1.75589	-1.77379	137.3028	0.259468
1.45589	-79.4448	-2.70099	-2.79719	143.5871	0.231198
-0.46241	-62.0734	-6.04709	-7.52299	148.8466	0.194445
0.55577	-41.8958	1.51601	-2.34859	148.8466	0.169783

(5)问题 4 第一阶段气象预测结果

监测点 A1 气象预测值

温度(°C)	湿度(%)	风速(m/s)	风向(°)
29.530017	1000.93696	2.11642667	229.921008
29.5294212	1000.93768	2.11667012	229.913042
29.5288258	1000.9384	2.11691323	229.905085
29.5282306	1000.93913	2.11715599	229.897138
29.5276359	1000.93985	2.1173984	229.889201
29.5270414	1000.94057	2.11764047	229.881273
29.5264474	1000.94129	2.1178822	229.873354
29.5258537	1000.94201	2.11812358	229.865444
29.5252603	1000.94273	2.11836461	229.857544
29.5246673	1000.94345	2.1186053	229.849653
29.5240747	1000.94417	2.11884565	229.841772
29.5234824	1000.94488	2.11908565	229.8339
29.5228905	1000.9456	2.11932531	229.826037
29.5222989	1000.94632	2.11956463	229.818184
29.5217077	1000.94704	2.1198036	229.81034
29.5211169	1000.94775	2.12004223	229.802506
29.5205265	1000.94847	2.12028052	229.794681
29.5199364	1000.94918	2.12051847	229.786865
29.5193467	1000.9499	2.12075607	229.779058
29.5187573	1000.95061	2.12099334	229.771261

29.5181684	1000.95132	2.12123026	229.763474
29.5175798	1000.95204	2.12146685	229.755695
29.5169916	1000.95275	2.12170309	229.747926
29.5164037	1000.95346	2.12193899	229.740167
29.5158163	1000.95417	2.12217456	229.732416
29.5152292	1000.95489	2.12240978	229.724675
29.5146425	1000.9556	2.12264466	229.716944
29.5140562	1000.95631	2.12287921	229.709221
29.5134702	1000.95702	2.12311342	229.701509
29.5128847	1000.95773	2.12334729	229.693805
29.5122995	1000.95843	2.12358082	229.686111
29.5117148	1000.95914	2.12381401	229.678426
29.5111304	1000.95985	2.12404687	229.67075
29.5105464	1000.96056	2.12427939	229.663084
29.5099628	1000.96126	2.12451157	229.655427
29.5093796	1000.96197	2.12474342	229.64778
29.5087968	1000.96267	2.12497493	229.640142
29.5082144	1000.96338	2.12520611	229.632513
29.5076324	1000.96408	2.12543695	229.624893
29.5070507	1000.96479	2.12566745	229.617283
29.5064695	1000.96549	2.12589762	229.609682
29.5058887	1000.96619	2.12612746	229.60209
29.5053083	1000.9669	2.12635696	229.594508
29.5047283	1000.9676	2.12658613	229.586935
29.5041486	1000.9683	2.12681496	229.579371
29.5035694	1000.969	2.12704346	229.571817
29.5029906	1000.9697	2.12727163	229.564272
29.5024122	1000.9704	2.12749946	229.556736
29.5018343	1000.9711	2.12772697	229.54921
29.5012567	1000.9718	2.12795414	229.541692
29.5006795	1000.9725	2.12818098	229.534185
29.5001028	1000.97319	2.12840748	229.526686
29.4995264	1000.97389	2.12863366	229.519197
29.4989505	1000.97459	2.12885951	229.511717
29.498375	1000.97528	2.12908502	229.504246
29.4977999	1000.97598	2.12931021	229.496784
29.4972252	1000.97667	2.12953506	229.489332
29.496651	1000.97737	2.12975959	229.481889
29.4960771	1000.97806	2.12998379	229.474456
29.4955037	1000.97876	2.13020765	229.467031
29.4949307	1000.97945	2.13043119	229.459616
29.4943582	1000.98014	2.1306544	229.45221
29.493786	1000.98083	2.13087729	229.444814

29.4932143	1000.98152	2.13109984	229.437426
29.492643	1000.98221	2.13132207	229.430048
29.4920722	1000.9829	2.13154397	229.422679
29.4915017	1000.98359	2.13176555	229.41532
29.4909317	1000.98428	2.1319868	229.407969
29.4903621	1000.98497	2.13220772	229.400628
29.489793	1000.98566	2.13242831	229.393296
29.4892243	1000.98634	2.13264859	229.385974
29.488656	1000.98703	2.13286853	229.37866

监测点 A2 气象预测值

温度(°C)	湿度(%)	气压(MBar)	风速(m/s)	风向(°)
32.1048789	65.3594701	1001.41637	2.01822806	151.772005
32.1066392	65.3602283	1001.41409	2.01829699	151.768316
32.1083942	65.3609842	1001.41182	2.01836571	151.764638
32.1101441	65.3617378	1001.40955	2.01843422	151.760971
32.1118887	65.3624892	1001.40729	2.01850253	151.757314
32.113628	65.3632384	1001.40503	2.01857064	151.753669
32.1153622	65.3639853	1001.40278	2.01863854	151.750035
32.1170912	65.36473	1001.40054	2.01870624	151.746411
32.118815	65.3654725	1001.39831	2.01877373	151.742798
32.1205336	65.3662127	1001.39608	2.01884102	151.739197
32.1222471	65.3669507	1001.39386	2.01890812	151.735605
32.1239554	65.3676865	1001.39165	2.01897501	151.732025
32.1256586	65.3684201	1001.38944	2.0190417	151.728456
32.1273567	65.3691515	1001.38724	2.01910818	151.724897
32.1290497	65.3698807	1001.38504	2.01917447	151.721349
32.1307376	65.3706078	1001.38285	2.01924056	151.717811
32.1324204	65.3713326	1001.38067	2.01930645	151.714285
32.1340981	65.3720552	1001.3785	2.01937215	151.710768
32.1357709	65.3727757	1001.37633	2.01943764	151.707263
32.1374385	65.373494	1001.37417	2.01950294	151.703768
32.1391012	65.3742102	1001.37201	2.01956804	151.700283
32.1407588	65.3749242	1001.36987	2.01963294	151.696809
32.1424114	65.375636	1001.36772	2.01969765	151.693346
32.144059	65.3763457	1001.36559	2.01976216	151.689893
32.1457017	65.3770533	1001.36346	2.01982648	151.68645
32.1473394	65.3777587	1001.36134	2.0198906	151.683018
32.1489721	65.378462	1001.35922	2.01995453	151.679596
32.1506	65.3791631	1001.35711	2.02001827	151.676184
32.1522228	65.3798622	1001.35501	2.02008181	151.672783
32.1538408	65.3805591	1001.35291	2.02014517	151.669392
32.1554539	65.3812539	1001.35082	2.02020832	151.666012
32.1570621	65.3819466	1001.34873	2.02027129	151.662641

32.1586654	65.3826372	1001.34665	2.02033407	151.659281
32.1602638	65.3833258	1001.34458	2.02039665	151.655931
32.1618574	65.3840122	1001.34252	2.02045905	151.652591
32.1634462	65.3846966	1001.34046	2.02052126	151.649262
32.1650301	65.3853788	1001.3384	2.02058328	151.645942
32.1666092	65.386059	1001.33636	2.0206451	151.642633
32.1681835	65.3867372	1001.33432	2.02070675	151.639333
32.169753	65.3874133	1001.33228	2.0207682	151.636044
32.1713178	65.3880873	1001.33025	2.02082947	151.632765
32.1728778	65.3887593	1001.32823	2.02089055	151.629495
32.174433	65.3894292	1001.32622	2.02095144	151.626236
32.1759835	65.3900971	1001.32421	2.02101215	151.622986
32.1775293	65.390763	1001.3222	2.02107267	151.619747
32.1790703	65.3914268	1001.32021	2.02113301	151.616517
32.1806067	65.3920886	1001.31821	2.02119316	151.613297
32.1821383	65.3927484	1001.31623	2.02125313	151.610087
32.1836653	65.3934062	1001.31425	2.02131292	151.606887
32.1851876	65.394062	1001.31228	2.02137253	151.603697
32.1867053	65.3947157	1001.31031	2.02143195	151.600516
32.1882183	65.3953675	1001.30835	2.02149119	151.597345
32.1897267	65.3960173	1001.30639	2.02155025	151.594184
32.1912305	65.3966651	1001.30444	2.02160913	151.591032
32.1927296	65.3973109	1001.3025	2.02166783	151.587891
32.1942242	65.3979547	1001.30056	2.02172634	151.584758
32.1957142	65.3985966	1001.29863	2.02178468	151.581636
32.1971996	65.3992365	1001.29671	2.02184284	151.578523
32.1986805	65.3998744	1001.29479	2.02190082	151.575419
32.2001568	65.4005104	1001.29287	2.02195863	151.572325
32.2016286	65.4011444	1001.29097	2.02201625	151.56924
32.2030959	65.4017765	1001.28906	2.0220737	151.566165
32.2045587	65.4024066	1001.28717	2.02213097	151.5631
32.2060169	65.4030349	1001.28528	2.02218807	151.560044
32.2074707	65.4036611	1001.28339	2.02224499	151.556997
32.20892	65.4042855	1001.28151	2.02230174	151.55396
32.2103648	65.4049079	1001.27964	2.02235831	151.550931
32.2118052	65.4055284	1001.27777	2.0224147	151.547913
32.2132412	65.4061471	1001.27591	2.02247092	151.544903
32.2146727	65.4067638	1001.27406	2.02252697	151.541903
32.2160998	65.4073786	1001.27221	2.02258285	151.538912
32.2175225	65.4079915	1001.27036	2.02263855	151.535931

监测点 A3 气象预测值

温度(°C)	湿度(%)	气压(MBar)	风速(m/s)	风向(°)
29.9167342	66.4834259	1000.94543	1.33604052	141.222781

29.9167383	66.4834301	1000.94542	1.33604059	141.222704
29.9167424	66.4834342	1000.94542	1.33604067	141.222628
29.9167464	66.4834384	1000.94542	1.33604074	141.222551
29.9167504	66.4834425	1000.94541	1.33604081	141.222475
29.9167544	66.4834466	1000.94541	1.33604088	141.222399
29.9167584	66.4834506	1000.9454	1.33604096	141.222323
29.9167624	66.4834546	1000.9454	1.33604103	141.222248
29.9167663	66.4834586	1000.9454	1.3360411	141.222172
29.9167703	66.4834626	1000.94539	1.33604117	141.222097
29.9167742	66.4834666	1000.94539	1.33604124	141.222022
29.9167781	66.4834705	1000.94538	1.3360413	141.221947
29.916782	66.4834744	1000.94538	1.33604137	141.221872
29.9167859	66.4834783	1000.94538	1.33604144	141.221797
29.9167898	66.4834822	1000.94537	1.33604151	141.221723
29.9167937	66.483486	1000.94537	1.33604157	141.221648
29.9167975	66.4834898	1000.94537	1.33604164	141.221574
29.9168013	66.4834936	1000.94536	1.3360417	141.2215
29.9168051	66.4834974	1000.94536	1.33604177	141.221426
29.9168089	66.4835012	1000.94535	1.33604183	141.221353
29.9168127	66.4835049	1000.94535	1.33604189	141.221279
29.9168165	66.4835086	1000.94535	1.33604196	141.221206
29.9168203	66.4835123	1000.94534	1.33604202	141.221133
29.916824	66.483516	1000.94534	1.33604208	141.221106
29.9168278	66.4835196	1000.94534	1.33604214	141.220987
29.9168315	66.4835232	1000.94533	1.3360422	141.220914
29.9168352	66.4835268	1000.94533	1.33604226	141.220841
29.9168389	66.4835304	1000.94533	1.33604232	141.220769
29.9168426	66.483534	1000.94532	1.33604238	141.220697
29.9168462	66.4835376	1000.94532	1.33604244	141.220624
29.9168499	66.4835411	1000.94532	1.3360425	141.220552
29.9168535	66.4835446	1000.94531	1.33604256	141.220481
29.9168572	66.4835481	1000.94531	1.33604261	141.220409
29.9168608	66.4835516	1000.94531	1.33604267	141.220337
29.9168644	66.483555	1000.9453	1.33604272	141.220266
29.916868	66.4835585	1000.9453	1.33604278	141.220195
29.9168716	66.4835619	1000.9453	1.33604284	141.220124
29.9168752	66.4835653	1000.94529	1.33604289	141.220053
29.9168787	66.4835687	1000.94529	1.33604294	141.219982
29.9168823	66.483572	1000.94529	1.336043	141.219911
29.9168858	66.4835754	1000.94528	1.33604305	141.219841
29.9168894	66.4835787	1000.94528	1.3360431	141.21977
29.9168929	66.483582	1000.94528	1.33604316	141.2197
29.9168964	66.4835853	1000.94527	1.33604321	141.21963

29.9168999	66.4835886	1000.94527	1.33604326	141.21956
29.9169034	66.4835919	1000.94527	1.33604331	141.21949
29.9169069	66.4835951	1000.94526	1.33604336	141.21942
29.9169103	66.4835983	1000.94526	1.33604341	141.21935
29.9169138	66.4836015	1000.94526	1.33604346	141.219281
29.9169172	66.4836047	1000.94525	1.33604351	141.219212
29.9169207	66.4836079	1000.94525	1.33604356	141.219142
29.9169241	66.4836111	1000.94525	1.33604361	141.219073
29.9169275	66.4836142	1000.94524	1.33604366	141.219004
29.9169309	66.4836174	1000.94524	1.3360437	141.218935
29.9169343	66.4836205	1000.94524	1.33604375	141.218867
29.9169377	66.4836236	1000.94524	1.3360438	141.218798
29.9169411	66.4836267	1000.94523	1.33604384	141.21873
29.9169444	66.4836298	1000.94523	1.33604389	141.218661
29.9169478	66.4836328	1000.94523	1.33604394	141.218593
29.9169511	66.4836359	1000.94522	1.33604398	141.218525
29.9169544	66.4836389	1000.94522	1.33604403	141.218457
29.9169578	66.4836419	1000.94522	1.33604407	141.218389
29.9169611	66.4836449	1000.94522	1.33604412	141.218321
29.9169644	66.4836479	1000.94521	1.33604416	141.218254
29.9169677	66.4836509	1000.94521	1.3360442	141.218186
29.916971	66.4836539	1000.94521	1.33604425	141.218119
29.9169743	66.4836568	1000.9452	1.33604429	141.218052
29.9169775	66.4836598	1000.9452	1.33604433	141.217984
29.9169808	66.4836627	1000.9452	1.33604438	141.217917
29.916984	66.4836656	1000.9452	1.33604442	141.21785
29.9169873	66.4836685	1000.94519	1.33604446	141.217784
29.9169905	66.4836714	1000.94519	1.3360445	141.217717

(6)问题 4 第二阶段浓度误差预测修正结果

监测点 A 浓度修正值预测

SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	CO
-0.60419	-14.0082	10.64875	1.158937	95.35909	0.022934
2.028577	-12.8301	11.31477	1.771017	95.34659	0.041606
2.454147	-12.6185	11.57767	2.030117	95.33631	0.042509
2.464487	-12.9002	11.13547	1.889667	95.28997	0.033639
2.251187	-13.4881	9.97708	1.212117	95.33577	0.059264
2.238267	-14.6199	7.20244	-0.29185	95.36154	0.110797
1.769047	-15.1491	1.20154	-3.75856	94.26068	0.085031
0.785297	-13.216	4.42594	-2.46024	90.85689	0.085359
1.119747	-10.7835	7.50454	-0.52919	85.7674	0.090082
1.199137	-10.5065	7.14644	-0.99043	79.69563	0.096237
1.473967	-12.7179	8.43392	-0.32296	67.75733	0.115429
1.270917	-17.2981	9.68882	0.351137	50.92153	0.110377

1.460057	-14.7541	7.74494	-1.43063	26.26393	0.132881
1.614227	-13.5711	8.51484	-1.09174	14.17483	0.137464
2.947477	-8.17947	8.82991	-1.097	0.817125	0.156758
3.483967	-11.2714	10.29631	0.179137	0.650025	0.152209
3.948007	-14.6527	11.40558	1.213727	10.73303	0.161895
3.894097	-16.8398	11.22157	1.168997	37.06863	0.173152
3.204837	-21.3029	11.82516	1.856997	66.87553	0.168963
2.879447	-21.9242	11.72767	1.998897	88.63746	0.159816
1.873737	-18.143	11.08393	1.640277	94.59288	0.150381
1.726577	-20.6659	10.56143	1.238877	94.69363	0.143696
1.929187	-24.1234	10.66357	1.105507	94.41409	0.141541
1.485577	-26.1062	11.55625	1.507187	94.19253	0.138278
1.928993	-23.4962	11.09649	1.949318	101.7543	0.16549
2.975303	-21.3235	11.41979	2.349288	101.693	0.176744
2.685403	-20.2525	11.34018	2.474148	102.2103	0.173365
1.920173	-21.0901	11.20427	2.441578	102.7603	0.150953
1.442203	-23.2504	10.37943	2.074068	102.8856	0.128398
1.249083	-26.3967	7.398645	0.706998	102.913	0.098477
-0.03634	-29.4037	1.717245	-1.96523	101.795	0.07455
-0.86743	-29.2335	4.956845	-0.75734	97.77773	0.091942
2.079843	-24.4771	9.155495	1.142748	90.05974	0.126655
2.703383	-14.9595	9.165415	0.915128	73.53104	0.167159
1.700853	-12.428	9.425315	0.630378	50.73334	0.176746
1.307803	-13.5875	9.299025	0.251698	26.19564	0.170343
1.467293	-16.9938	7.089045	-1.62162	10.87264	0.139725
1.515193	-17.7646	6.114045	-2.95922	-7.29177	0.083878
1.276893	-13.6993	8.019875	-1.36224	-15.8758	0.10121
1.998433	-12.01	9.203345	-0.25866	-5.33377	0.128587
2.061033	-12.8791	9.973415	0.541278	19.96044	0.148588
1.595213	-18.7288	10.23184	0.970348	49.13894	0.153687
1.875923	-26.5199	9.710505	0.794538	77.17884	0.150226
1.736443	-33.6836	9.432775	0.734488	98.1979	0.130884
1.250533	-30.509	8.868135	0.587708	102.6924	0.116778
0.721043	-27.3645	8.798965	0.599908	102.8181	0.127203
-0.27163	-26.0369	9.571035	0.965118	102.8868	0.128699
-0.25047	-24.9262	10.50859	1.540398	102.8953	0.136926
-0.58024	-24.468	11.99424	1.555704	101.5496	0.160639
1.199282	-21.2771	12.81389	2.239144	100.705	0.175493
1.991362	-20.101	13.60309	2.807454	99.02212	0.157741
1.964692	-22.6519	13.16819	2.571844	99.92739	0.108651
1.758502	-25.3173	12.52339	2.218554	101.0235	0.071833
1.310902	-26.6316	11.15246	1.525444	101.4206	0.065189
0.681602	-25.6824	9.543065	0.812284	99.00736	0.058483

-0.95209	-20.9626	10.30836	1.117634	94.12332	0.05504
-0.54102	-18.7384	10.57388	1.130074	90.16208	0.038255
-0.4741	-22.2068	9.798655	0.181734	81.92528	0.023917
0.348992	-29.6611	6.319375	-2.84888	70.07928	0.004317
0.937882	-37.2916	3.556175	-5.40334	61.41348	0.002953
2.078942	-34.2661	3.588675	-6.22554	37.91888	0.072632
2.541632	-16.2519	4.357475	-5.95054	-26.3896	0.145256
3.243062	-10.4854	8.036275	-2.57003	-36.4086	0.168596
3.794022	-18.4924	9.495095	-1.11451	-5.77563	0.150355
3.611682	-25.2241	11.40544	0.639074	22.16358	0.157138
3.212892	-32.3795	11.16761	0.985404	55.32848	0.160099
2.712232	-34.4713	10.40752	1.136794	91.52978	0.162026
2.560522	-32.1939	10.49717	1.290834	101.2571	0.153788
2.303202	-28.744	10.41698	1.281194	101.583	0.144476
2.155642	-28.9327	10.28913	1.195604	101.5656	0.140285
1.236922	-29.783	11.17839	1.526964	101.5894	0.117908
0.454792	-30.0241	12.02154	1.810544	101.5894	0.109587

监测点 A1 浓度修正值预测

SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	CO
3.74446	-11.4915	18.36145	3.36057	105.4925	0.158206
4.53021	-10.561	18.98354	3.85683	105.1684	0.168981
4.37122	-11.1851	19.35541	4.16292	105.8409	0.16649
3.14695	-12.1437	16.8995	2.88229	106.6368	0.155033
0.59305	-13.1977	10.129	-0.69685	106.7689	0.129144
0.20791	-14.5526	8.4646	-1.68985	106.7722	0.120588
1.00304	-13.6513	10.5134	-0.45171	105.2855	0.132462
2.55576	-7.6732	13.3748	0.90009	100.9411	0.162149
3.92259	-2.1104	14.9485	1.22927	95.1481	0.187207
3.46941	-1.3336	15.1628	1.11096	87.3496	0.189333
4.13736	0.2522	15.017	0.91223	69.4665	0.195963
4.29792	1.0696	13.8923	-0.07855	44.0749	0.192915
5.0245	5.25466	16.8119	1.61895	13.4849	0.193116
5.71438	8.10323	17.44819	1.56536	-0.807	0.197606
5.99735	8.72394	17.1115	1.31349	-9.446	0.199157
5.99914	7.92224	19.63307	3.40175	0.078	0.203494
5.43109	4.96929	21.15784	4.9455	23.7923	0.206116
5.281	1.8041	21.66374	5.46603	52.7142	0.209643
4.50639	-4.911	20.68464	4.99962	79.4724	0.204637
3.71919	-11.7094	19.12614	4.09414	100.4858	0.196706
3.10333	-13.1938	17.60021	3.1278	105.6159	0.194557
3.49531	-14.9985	17.0512	2.56763	105.8546	0.199712
2.54894	-19.0945	16.564	2.15544	105.4987	0.197799
0.911	-21.9868	15.8376	2.21854	105.8097	0.193106

1.51881	-21.3054	15.3825	1.68235	114.9866	0.183361
2.22803	-18.883	16.1225	2.17762	114.1614	0.188465
1.97192	-18.463	13.8013	1.04547	114.4965	0.185491
1.14644	-19.8589	11.3966	0.08857	115.3111	0.182998
0.47002	-21.5656	9.684	-0.74923	115.4295	0.181135
-0.14287	-23.3655	8.4797	-1.1206	115.3649	0.176499
-1.53502	-24.298	9.2604	-0.67745	113.4606	0.13676
-1.15367	-21.175	12.5792	0.6401	107.8311	0.121914
1.64498	-14.772	14.0088	0.77013	100.7521	0.161453
3.94994	-7.3795	15.1141	0.99957	87.4356	0.183699
5.40825	1.8042	15.1786	0.68849	52.4304	0.194295
6.32882	6.21902	18.59736	2.57647	21.3767	0.189157
6.61912	7.16363	20.33613	3.59648	0.275	0.177224
6.96654	9.03736	20.25647	3.45148	-5.259	0.181299
6.66419	7.94958	19.63751	2.92898	-8.428	0.170049
6.68286	7.80009	19.84242	3.18449	1.571	0.174763
6.37662	5.13479	20.50353	3.87933	23.9695	0.180006
5.928	1.0852	20.44416	4.15076	55.36	0.187464
5.66316	-2.8781	20.71989	4.79296	83.2125	0.203678
5.17415	-8.8807	20.27911	4.65773	95.2806	0.20331
4.74882	-12.3051	19.59992	4.20955	97.9749	0.200799
4.1705	-15.6219	19.04932	3.82382	99.3016	0.198841
3.84899	-15.7439	18.36576	3.36719	99.9957	0.198943
3.03291	-19.3225	17.61274	2.80802	105.1957	0.192425
1.50645	-25.3026	14.547	1.66682	106.2848	0.240944
1.44099	-26.2378	14.6299	1.26479	109.6594	0.201708
2.10159	-24.9414	17.11108	2.6628	109.9503	0.177373
1.71011	-25.8413	14.5693	1.398	109.8084	0.182178
0.82988	-27.2827	10.9129	-0.40486	109.9073	0.184619
0.22755	-28.9264	10.1414	-0.83078	110.0963	0.166421
0.04983	-25.9484	8.0079	-2.02378	106.3358	0.15944
1.45665	-14.2004	11.1173	-0.42182	96.1854	0.192366
3.24711	-5.4155	15.7945	2.05289	88.4824	0.219658
4.4664	-0.7545	17.41423	2.88062	77.8878	0.237564
4.96706	-2.0197	18.44215	3.31661	64.8126	0.224184
4.21427	-10.2446	17.40839	2.11787	52.8698	0.172742
4.15418	-10.6102	16.3207	0.7969	33.5125	0.153471
3.86485	-14.6402	14.3548	-1.15118	13.4538	0.110667
4.12881	-18.9234	12.055	-3.18948	3.476	0.085665
5.66449	-20.9338	15.8457	0.09662	1.076	0.104524
6.50423	-13.7421	18.6655	2.64064	6.814	0.163741
6.17607	-16.2143	19.30912	3.57895	34.3076	0.188773
5.72693	-15.6952	19.89145	4.73745	61.5145	0.212817

5.68877	-18.6772	20.46044	5.37729	92.5304	0.198816
5.40829	-21.3179	21.42464	6.10607	106.9312	0.180745
5.00394	-22.0845	21.94993	6.47725	108.5853	0.196184
4.57365	-23.5194	22.61936	6.84897	109.5117	0.203125
4.59947	-20.8521	22.80086	6.97366	107.5034	0.196479

监测点 A2 浓度修正值预测

SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	CO
4.94836	-7.196	14.93627	0.87581	94.47299	0.247903
5.25372	-5.3271	16.27517	1.77162	92.39361	0.245726
5.13661	-6.6961	16.53676	1.95393	94.37007	0.223995
4.90141	-7.7961	16.38783	1.94675	95.33554	0.228198
4.13854	-8.8179	14.9175	1.03754	95.86834	0.252117
2.33881	-11.1363	9.9475	-1.97417	96.01554	0.212284
-0.75758	-12.0864	6.0114	-4.54911	94.915	0.182755
-2.97685	-6.836	9.8291	-1.95685	89.74362	0.232647
-2.79579	-1.6754	12.6738	-0.37372	84.3814	0.257567
-2.12169	-0.3137	13.09488	-0.57434	77.1286	0.273036
-0.52623	-0.1777	13.37839	-0.64819	60.6984	0.286024
1.1235	3.1076	12.1787	-1.75303	33.2462	0.294185
3.25552	5.0082	11.6366	-2.41871	6.8375	0.286458
3.88265	6.40414	14.3747	-0.52253	-7.0784	0.289215
2.84812	6.69412	15.42754	0.05651	-17.8544	0.29158
2.14883	7.94167	13.15599	-1.83975	-19.4324	0.302918
1.91566	5.1146	14.87117	-0.37596	-4.5024	0.304804
1.17403	0.5483	15.8448	0.84278	28.5584	0.306388
0.07221	-6.3752	16.3339	1.34174	61.0591	0.300106
1.38344	-11.9921	16.82535	1.84592	86.68003	0.289308
1.90302	-11.9639	16.25936	1.52395	94.92505	0.279665
-0.00394	-13.6586	15.48894	1.02643	95.54383	0.282703
-1.74877	-16.8136	15.28601	0.82678	95.01145	0.286257
-4.19223	-20.2242	15.53146	0.78937	95.21292	0.276884
-2.40192	-20.491	15.4745	0.76688	103.0567	0.277198
0.3289	-19.3516	15.59638	0.93892	103.2269	0.275524
1.28932	-17.8998	15.35965	0.83204	103.2396	0.274377
1.72248	-18.6068	14.49631	0.40873	103.3622	0.257175
1.85105	-20.5248	12.4949	-0.43764	103.3709	0.230279
1.64338	-23.0846	6.5314	-3.0735	103.371	0.188763
0.3702	-24.0196	0.8237	-5.86234	102.0979	0.161011
-0.61966	-16.3059	10.2204	-1.41651	94.2092	0.240474
-3.17451	-11.7173	14.34549	0.34238	87.322	0.242306
-1.36419	-4.8961	14.83826	0.51632	74.9518	0.283812
1.1589	1.921	15.15788	0.5226	48.2381	0.308409
3.58438	4.2716	14.84189	-0.11184	17.5897	0.29962

4.99638	6.9725	15.52019	0.1878	-4.39	0.294063
4.3113	6.4547	14.79435	-0.59197	-17.832	0.280977
3.93924	5.875	14.3969	-1.03285	-31.309	0.255043
3.48207	6.2824	14.12754	-1.19542	-30.785	0.257353
4.02298	4.5108	14.62304	-0.65905	-8.167	0.267391
3.71881	-1.2228	15.94338	0.6706	30.8077	0.27962
1.80714	-8.5733	16.78326	1.59904	68.5003	0.294186
0.24789	-14.4949	17.08641	1.96692	89.721	0.299856
-0.26711	-16.7085	16.51805	1.5496	93.68609	0.295732
0.83133	-21.2083	16.24948	1.34218	96.20657	0.288198
0.88416	-20.5459	15.95229	1.11951	95.57371	0.291018
-1.06114	-20.3255	15.02641	0.47035	97.48628	0.290535
-2.61391	-25.1021	16.11616	1.83035	94.61918	0.328251
0.37212	-23.4662	15.76797	1.50994	95.86931	0.301688
1.06453	-19.0365	16.00155	1.62383	93.79132	0.300761
2.28609	-13.9097	16.59897	2.13642	88.38129	0.330054
2.38692	-17.2604	15.94901	1.76771	89.59364	0.319825
1.9904	-23.7752	13.429	0.64477	94.69248	0.293169
1.79445	-20.5224	11.4523	-0.42719	91.45985	0.285255
2.33511	-5.5579	15.6813	1.68959	80.1841	0.334606
2.19239	-3.5538	15.72543	1.56083	76.4998	0.322643
1.63286	-5.2852	15.48322	1.16123	71.4848	0.30051
1.18951	-10.4969	13.75743	-0.32459	63.3911	0.261213
0.55812	-17.3206	11.5905	-2.24723	46.4117	0.220232
-0.22747	-23.5498	9.1308	-4.7694	21.0667	0.174584
-0.3887	-33.698	5.5363	-8.2755	2.5447	0.138532
1.27704	-23.0377	7.1955	-6.8988	-21.1819	0.206162
2.77004	-16.8211	12.5899	-2.30184	-17.9769	0.244335
2.77661	-18.4147	14.67878	-0.18222	-2.1218	0.263284
3.08487	-20.3535	16.38188	1.46385	20.677	0.290097
2.82673	-30.0207	16.03134	1.47762	57.7892	0.288387
1.75041	-33.0647	15.94383	1.7387	90.94464	0.291439
0.92733	-27.5672	14.52303	0.86054	96.35139	0.24757
0.62639	-26.8537	14.23182	0.63599	96.35278	0.219913
0.41778	-26.9788	15.24842	1.09876	96.35272	0.214856
0.27192	-24.8849	18.1583	3.07925	96.35297	0.255492

监测点 A3 浓度修正值预测

SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	CO
2.78046	-14.8593	3.08506	-0.35034	90.3927	-0.03298
3.25294	-14.4692	4.40983	0.61128	90.36265	-0.01771
3.38512	-14.0623	4.26044	0.6404	90.30318	-0.0236
3.68381	-14.1183	4.0179	0.61561	90.32623	0.017258
3.7643	-14.7946	4.00408	0.7095	90.38297	0.060363

2.79173	-16.1177	1.5019	-0.7978	90.41134	0.041797
0.53084	-15.9175	-2.4148	-3.4686	88.7313	0.000729
0.64978	-11.4874	-1.2008	-3.06372	82.72471	0.005457
1.70488	-7.58632	0.0496	-2.21398	77.02659	0.023043
1.73534	-8.57332	-1.0564	-3.63053	71.86139	0.024872
2.26432	-9.62962	3.38874	-0.30278	57.49169	0.053468
2.52153	-10.0073	2.43303	-1.16449	37.02799	0.064656
2.87466	-7.66782	0.6881	-2.7293	15.47799	0.074803
3.15715	-4.02512	2.91096	-1.06749	-2.71541	0.086172
3.62848	0.51978	2.88084	-1.31251	-17.7041	0.109826
3.49598	-1.92032	5.08327	0.39262	-15.1321	0.11123
3.70621	-3.55832	4.67003	0.17199	2.44159	0.113867
3.75564	-6.25932	3.98048	-0.25089	29.02209	0.111286
3.66295	-10.8269	4.97094	0.74345	58.43469	0.110235
3.46897	-16.6847	4.76577	0.75849	81.86859	0.10418
3.28039	-17.2885	3.94507	0.30495	88.54807	0.092983
3.08066	-20.9901	3.90154	0.11576	88.32243	0.08255
2.79061	-24.4289	4.54315	0.33373	87.94383	0.071076
2.43427	-27.0705	4.37907	0.0597	88.98894	0.058948
1.68271	-24.7864	3.64395	1.1102	96.7004	0.116734
2.09789	-22.257	5.06857	2.21413	96.35258	0.145504
2.06304	-21.7336	4.90577	2.26991	96.79291	0.142667
1.96168	-23.7574	4.70944	2.23272	97.34548	0.127892
1.83073	-25.9908	3.63337	1.65078	97.54553	0.101599
1.61232	-28.0544	1.90176	0.83762	97.53996	0.074192
1.14211	-29.2029	-1.97701	-0.92887	96.08904	0.051959
0.79743	-29.0295	-2.82141	-2.1813	91.75095	0.007361
2.10375	-17.5388	2.205	0.51026	77.09807	0.088426
2.46254	-7.42877	2.25899	0.46139	58.34607	0.120133
2.70942	-4.61607	2.21944	0.1858	39.60487	0.135196
2.5681	-4.16887	1.84945	-0.28093	21.19357	0.134629
1.86085	-5.04307	0.19909	-1.79916	5.82737	0.127989
1.47267	-5.32317	-0.55591	-2.6405	-14.4385	0.092228
1.99022	-1.73597	0.37889	-1.94525	-28.6355	0.090693
2.07834	-1.77117	0.99539	-1.39015	-18.4145	0.099845
1.97121	-5.25477	1.58805	-0.7071	11.07977	0.108989
1.91992	-9.93897	2.16849	0.00878	39.89647	0.116696
1.88475	-16.5603	2.84975	0.66832	68.54317	0.125657
1.56943	-27.1215	3.28197	0.97804	90.00781	0.116202
1.27939	-29.3935	2.85198	0.84276	96.04195	0.102142
1.60545	-28.9136	2.63645	0.80355	95.41079	0.103552
1.59725	-28.3266	2.90033	0.97063	95.69479	0.102323
1.38442	-27.2164	3.17121	1.06437	96.1061	0.107123

1.14136	-27.2856	5.94536	0.18388	101.0349	0.096167
2.12813	-22.2584	7.39398	1.19843	98.81575	0.125702
3.28711	-16.5097	8.32367	1.90253	92.76166	0.14694
3.30998	-20.2531	7.88741	1.67009	94.92177	0.123269
3.05758	-25.5976	6.98759	1.11424	99.04723	0.100994
2.62942	-28.294	4.69833	-0.15697	101.0232	0.075734
2.09657	-25.7932	0.74723	-2.18634	98.21574	0.054483
1.76839	-19.3983	0.90453	-2.43394	92.09835	0.025111
1.56491	-15.9297	2.18643	-2.11269	87.97619	0.003843
1.14795	-18.5355	1.99593	-2.61469	83.19469	-0.03354
0.69313	-23.3036	0.50073	-4.15816	72.29549	-0.04608
-0.08887	-34.9784	-2.45647	-6.97966	54.86069	-0.096
-0.07035	-41.5439	-3.16787	-7.86666	36.68449	-0.09775
1.56488	-47.1218	-0.62417	-6.17376	28.55399	-0.06344
3.19835	-34.9594	3.00493	-3.05724	11.98259	-0.00585
3.42043	-24.2518	4.25073	-1.73161	5.76589	0.047392
3.39143	-21.1762	4.45532	-0.94912	18.03759	0.082489
3.14752	-30.4146	3.50103	-1.20626	47.93599	0.076779
2.4373	-34.7152	3.13803	-1.15295	83.73529	0.0884
1.94336	-33.2272	3.33453	-1.16766	100.8523	0.087623
1.76107	-30.7296	1.77573	-2.12484	101.3212	0.042157
1.67415	-31.0083	1.92553	-1.94026	101.3209	0.024577
1.13766	-31.1895	2.53623	-1.73609	101.3208	0.015462
0.66437	-30.3437	4.45204	-0.73947	101.3195	0.046174