



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 华中科技大学

---

参赛队号 No.21104870023

---

队员姓名	1. 张智璐
	2. 钱以骞
	3. 周鑫宜

---

# 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    中国研究生数学建模竞赛论文标题

---

#### 摘    要:

第一段: 针对自己选择的题目, 说明自己用了什么方法来解决的(这类题属于哪种典型的问题), 其中利用了哪些关键的算法, 再说出自己的所建模型的创新点。没有创新点, 也可以说自己所建的模型相比较于其它的是一个很好的方案。

第二段: 问题一中, 针对具体问题, 进行分析和求解, 几句话介绍自己是怎么解决的, 有数字结果的也可以直接贴结果。

第三段: 问题二中, 类比于第二段。

第四段: 问题三中, 类比于第三段。

第五段: 问题四中, 类比于第四段。

第六段: 如果有问题五, 类比于第五段, 没有就结束, 也可以写一下团队的想法。

随便加点东西

关键字: 针对具体的问题列一到两个关键字 建模算法列出

# 目录

## 1. 问题重述

### 1.1 问题背景

环境空气污染能够对人类、动植物及产生较大的影响和危害。建立空气质量预报模型，提前预报大气污染状况能够支撑政府制定防治策略，提醒公众提前防范，减少自身暴露，减轻污染。

WRF-CMAQ 模拟体系（以下简称 WRF-CMAQ 模型）是在“一个大气”理论的指导下，以 WRF 中尺度数值天气预报系统为依托，充分考虑了大气污染过程中水平传输、垂直传输、扩散过程、源排放、化学反应和去除过程等对污染物浓度的影响，将复杂空气污染状况进行综合处理<sup>[2]</sup>。WRF 和 CMAQ 的结构如图??和图??所示。

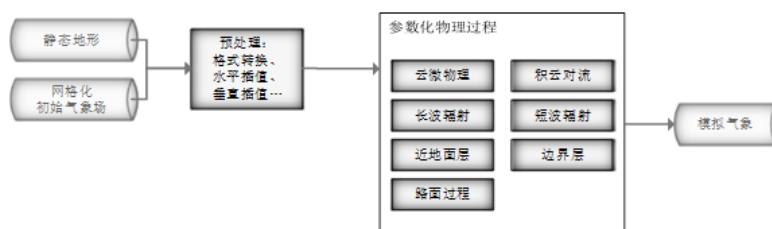


图 1-1 中尺度数值天气预报系统 WRF 结构<sup>[2]</sup>

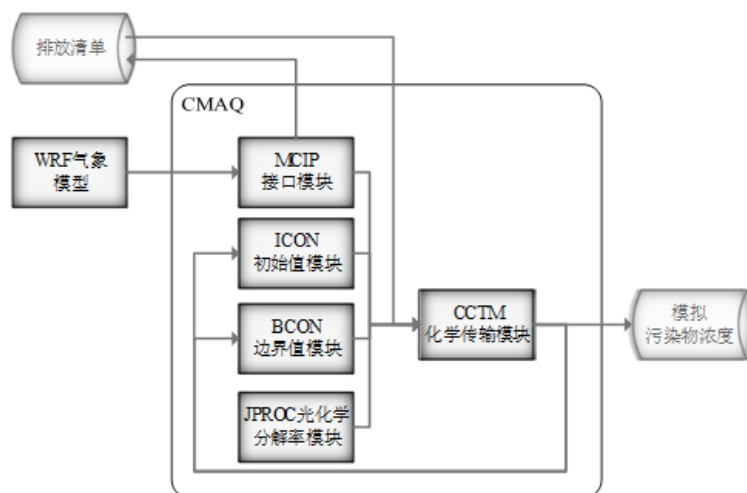


图 1-2 空气质量预测与评估系统 CMAQ 结构<sup>[2]</sup>

CMAQ 是一种三维欧拉大气化学与传输模拟系统，经由对污染物变化过程的模拟得到具体时间点或时间段的预报结果，但由于模拟的气象场和排放清单的不确定性，同时还存在包括臭氧在内生成机理不完全明晰的污染物的存在，WRF-CMAQ 预报模型的结果并不理想。为提高预报准确性，一种可行办法是在

WRF-CMAQ 等一次模型模拟结果的基础上，结合更多的数据源进行二次建模。二次模型与 WRF-CMAQ 模型关系如图??所示。其中，由于气象条件对空气质量影响很大（例如湿度降低有利于臭氧的生成），且污染物浓度实测数据的变化情况对空气质量预报具有一定参考价值，因此实测数据源参考空气质量监测点获得的气象数据。



图 1-3 空气质量预测与评估系统 CMAQ 结构

1.2 问题提出

- 问题 1** 使用附件 1 数据，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** 使用附件 1 中的数据，根据对污染物浓度的影响程度，对气象条件进行合理分类，并阐述各类气象条件的特征。
- 问题 3** 使用附件 1 和 2 的数据，建立适用 3 个监测点（忽略彼此影响）的二次预报数学模型，预测未来 3 天 6 种污染物浓度，要求预测结果 AQI 最大相对误差尽量小，首要污染物预测准确度尽量高。并用该模型预测 ABC 的 2021 年 7 月 13 到 7 月 15 的污染物浓度，计算 AQI 和首要污染物。
- 问题 4** 使用附件 1 和 3 数据建立区域协同预报模型，包含 A,A1,A2,A3 四个监测点。要求预测结果 AQI 最大相对误差尽量小，首要污染物预测准确度尽量高。使用该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 日的污染物浓度，计算 AQI 和首要污染物，并且讨论协同预报模型是否能提升准确度。

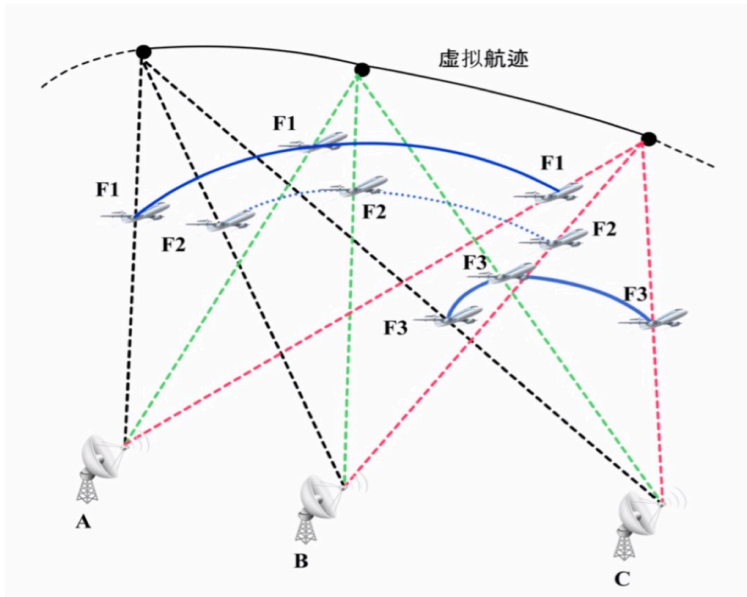


图 1-4 对雷达实施距离多假目标欺骗干扰示意图



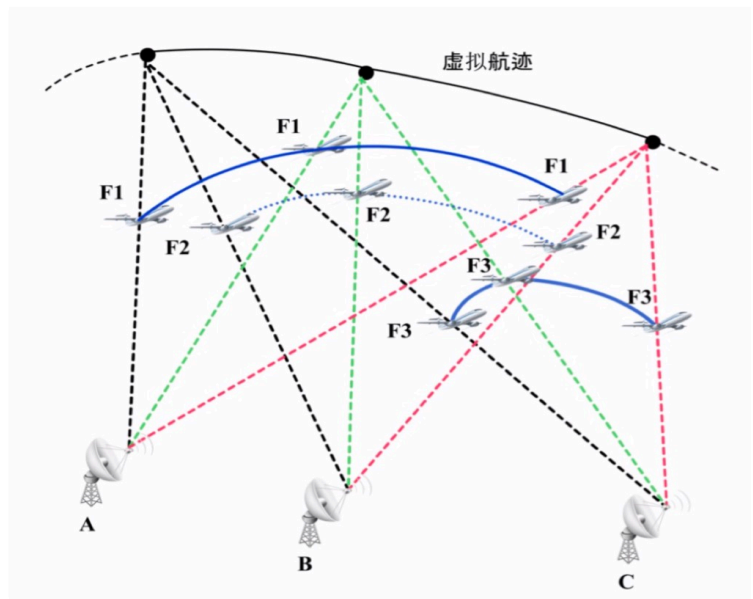


图 2-2 对雷达实施距离多假目标欺骗干扰示意图

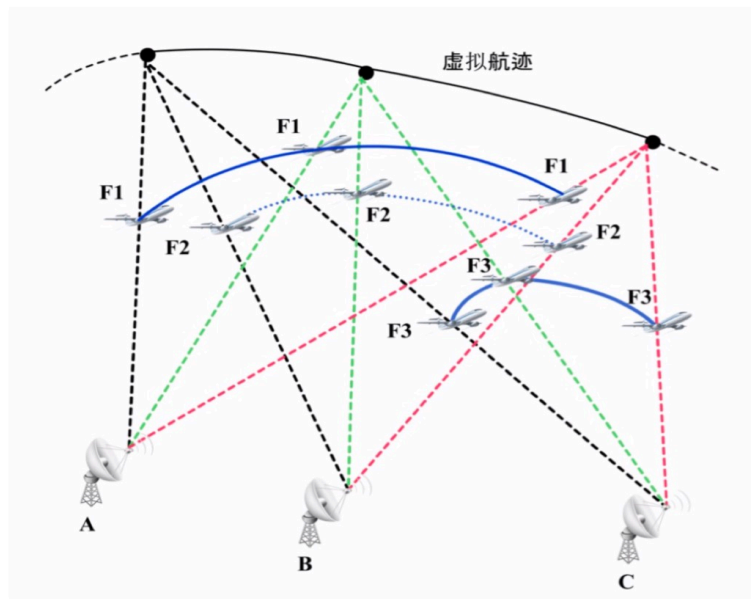


图 2-3 对雷达实施距离多假目标欺骗干扰示意图

### 3. 符号说明

符号说明符号说明符号说明符号说明符号说明符号说明符号说明符号说明  
 符号说明符号说明符号说明符号说明符号说明符号说明符号说明符号说明  
 说明。

## 4. 问题的分析

### 4.1 问题一的分析与求解

#### 4.1.1 问题一的描述与分析

问题一中提到的 AQI 即为空气质量指数，该数据可用于判别空气质量等级。AQI 的计算方式如下：首先需得到各项污染物的空气质量分指数（IAQI），其计算公式如公式 (1) 所示：

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

式中各符号的含义如下：

- $IAQI_P$  表示污染物 P 的空气质量分指数，结果进位取整数
- $C_P$  表示污染物 P 的质量浓度值
- $BP_{Hi}, BP_{Lo}$  表示与  $C_P$  相近的污染物浓度限值的高位值与低位值
- $IAQI_{Hi}, IAQI_{Lo}$  表示与  $BP_{Hi}, BP_{Lo}$  对应的空气质量分指数

各项污染物项目浓度限值及对应的空气质量分指数级别见表??：

表 1 空气质量分指数（IAQI）及对应的污染物项目浓度限值

序号	指数或污染物项目	空气质量分指数及对应污染物浓度限值								单位
0	空气质量分指数（IAQI）	0	50	100	150	200	300	400	500	-
1	一氧化碳（CO）24 小时平均	0	2	4	14	24	36	48	60	mg/m <sup>3</sup>
2	二氧化硫（SO <sub>2</sub> ）24 小时平均	0	50	150	475	800	1600	2100	2620	μg/m <sup>3</sup>
3	二氧化氮（NO <sub>2</sub> ）24 小时平均	0	40	80	180	280	565	750	940	
4	臭氧（O <sub>3</sub> ）最大 8 小时滑动平均	0	100	160	215	265	800	-	-	
5	粒径小于等于 10μm 颗粒物（PM <sub>10</sub> ）24 小时平均	0	50	150	250	350	420	500	600	μg/m <sup>3</sup>
6	粒径小于等于 2.5μm 颗粒物（PM <sub>2.5</sub> ）24 小时平均	0	35	75	115	150	250	350	500	

<sup>1</sup> 臭氧（O<sub>3</sub>）最大 8 小时滑动平均浓度值高于 800 μg/m<sup>3</sup> 的，不再进行其空气质量分指数计算。

<sup>2</sup> 其余污染物浓度高于 IAQI=500 对应限值时，不再进行其空气质量分指数计算

空气质量指数（AQI）取各分指数中的最大值，即有

$$AQI = \max IAQI_1, IAQI_2, \dots, IAQI_n$$

式中， $IAQI_1, IAQI_2, IAQI_3, \dots, IAQI_n$  为各污染物项目的分指数。在本题中，对于 AQI 的计算仅涉及表 1 提供的六种污染物，因此计算公式如公式 (2) 所示：

$$AQI = \max IAQI_{SO_2}, IAQI_{NO_2}, IAQI_{PM_{10}}, IAQI_{PM_{2.5}}, IAQI_{O_3}, IAQI_{CO} \quad (2)$$

空气质量等级范围根据 AQI 数值划分，等级对应的 AQI 范围见表??。

当 AQI 小于或等于 50（即空气质量评价为“优”）时，称当天无首要污染物；当 AQI 大于 50 时，IAQI 最大的污染物为首要污染物。若 IAQI 最大的污染物为两项或两项以上时，并列为首要污染物 IAQI 大于 100 的污染物为超标污染物。则求解问题一需要根据附件 1 中提供的“监测点 A 逐日污染物浓度数据”表，通过上述方法计算监测点 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。







- 无序列表 3
- 无序列表 4

#### 表格格式

符号	意义
D	宽度 (cm)
L	长度 (cm)

## 7. 参考文献

- [1] 宋鹏程, 张馨文, 黄强, 等. 我国城市环境空气质量预报主要模型及应用 [J]. 四川环境, 2019, 3.
- [2] 伯鑫等. 空气质量模型 (SMOKE、WRF、CMAQ 等) 操作指南及案例研究 [M]. 北京: 中国环境出版集团, 2019.
- [3] 戴树桂. 环境化学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [4] 赵秋月, 李荔, 李慧鹏. 国内外近地面臭氧污染研究进展 [J]. 环境科技, 2018, 31(05): 72-76.
- [5] 陈敏东. 大气臭氧污染形成机制及研究进展 [J/OL] 2018, <https://max.book118.com/html/2018/0201/151478594.shtm>.

## 附录 A 程序代码

```
kk=2; [mdd, ndd]=size(dd);
while ~isempty(V)
    [tmpd, j]=min(W(i, V)); tmpj=V(j);
    for k=2:ndd
        [tmp1, jj]=min(dd(1, k)+W(dd(2, k), V));
        tmp2=V(jj); tt(k-1, :)= [tmp1, tmp2, jj];
    end
    tmp=[tmpd, tmpj, j; tt]; [tmp3, tmp4]=min(tmp(:, 1));
    if tmp3==tmpd, ss(1:2, kk)=[i; tmp(tmp4, 2)];
    else, tmp5=find(ss(:, tmp4)~=0); tmp6=length(tmp5);
    if dd(2, tmp4)==ss(tmp6, tmp4)
        ss(1:tmp6+1, kk)=[ss(tmp5, tmp4); tmp(tmp4, 2)];
    else, ss(1:3, kk)=[i; dd(2, tmp4); tmp(tmp4, 2)];
    end; end
    dd=[dd, [tmp3; tmp(tmp4, 2)]]; V(tmp(tmp4, 3))=[];
    [mdd, ndd]=size(dd); kk=kk+1;
end; S=ss; D=dd(1, :);
```