

# 2008 年 第一届 “数学中国杯”

## 数学建模网络挑战赛

### 承 诺 书

我们仔细阅读了首届“数学中国杯”数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们允许数学中国网站([www.madio.net](http://www.madio.net))公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛报名号为：

参赛队员（签名）：

队员 1：马桢干

队员 2：陈奕山

队员 3：伍骏骞

参赛队教练员（签名）： 温阳俊

参赛队伍组别： 大学组

# 2008 年 第一届 “数学中国杯”

## 数学建模网络挑战赛

### 编 号 专 用 页

参赛队伍的参赛号码：（请各个参赛队提前填写好）：

2449

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

# 2008 年 第一届“数学中国杯” 数学建模网络挑战赛

题 目 沙尘暴与各项气象指标的关系分析

关 键 词 logit 回归模型 区域划分 关键因素分析 强风因  
子模型 热力不稳定模型

## 摘 要

沙尘暴是由于强风将地面大量的沙尘卷入空中，致使空气特别混浊，水平能见度低于 1km 的风沙天气现象。沙尘暴的产生主要是受三大因子支配：强风因子，热力动力不稳定因子和沙尘源因子。沙尘源是个地理条件，相对来说比较固定，主要由冷空气路径来决定。只要冷空气经过的下垫面有丰富的沙源，就要看另外两个因子。所以预报的重点是强风和热力不稳定这两个因子。

据题目已有资料，先将强风因子与月均大风天数、月均风速相联系；将热力因子与月均温，月相对湿度相联系。另外，考虑到沙尘暴形成与土地植被、土地结构状况相关，将土壤状况与月降水量、月蒸发量、月相对湿度相联系。

本文对与沙尘暴相关的各气象指标进行了 Logit 回归分析，抽取与沙尘暴的出现紧密相关的关键要素。对各个沙尘暴形成区域做了划分，在划分的基础上进行了沙尘暴发生次数的估计；对个别观测点近期沙尘暴风险等级进行了预测。

问题一：对沙尘暴的发生次数进行分析，建立相应的数学模型，根据相关气象数据，估计出沙尘暴在某地区某段时间内发生的次数。应该注意到的是：1、研究的对象为我国西北地区六个省份观测站点在 45 年内的观测数据（气象指标），主要包括六个方面：（1）月平均风速、（2）月大风发生、（3）月平均气温、（4）月降水量、（5）月平均相对湿度、（6）辐射量；通过这六个方面的数据，找出它们与月沙尘暴天数之间的内在关系。2、模型的评判标准是预测数据对真实数据拟合的好坏。

问题二：评估沙尘天气气象等级，预测在近期内观测站所在地发生沙尘暴的风险，并在高风险时发出警报信息。应该注意到的是：在问题一中，只是从数据规律反应出沙尘暴发生的规律，没有考虑到沙尘暴产生的机理，预测结果可能只是体现了数据上的规律性，无法在物理学和气象学上得到解释，甚至还会出现预测结果与真实结果之间出现比较大差距的现象。所以从物理学和气象学的角度分析沙尘暴产生的机理，建立基于沙尘动力学机理的模型。

问题三：考虑沙尘在空气中随风传输过程和各个观测站点的空间位置，估计中国境内引起沙尘暴的重要沙源地位置及其影响范围。应该注意到的是：一、根据动力不稳定因子和干燥系数这两个影响沙尘暴重要的评判标准，在以各个省为单位，将观测点分区域。二、分析各个省内同等级区域的观测点的观测数据是否具有相关性。三、沙尘暴的重要沙源地位置及其影响范围：（一）主要沙尘源的位置由两方面的因素确定：1、动力不稳定因子和干燥系数这两个影响沙尘暴重要的评判标准，2、问题一、二中所得出发生沙尘暴的可能性大小。（二）其影响范围也由两方面的因素确定：1、发生沙尘暴的可能性大小，2、与其他观测点间相关性的大小（越大认为影响范围越大）。

参赛队号 2449

所选题目 C 题

参赛密码 \_\_\_\_\_  
(由组委会填写)

## 目录

沙尘暴与各项气象指标的关系分析.....	5
1问题重述与分析.....	5
1.1问题重述.....	5
1.2问题分析.....	5
1.2.1背景宏观分析.....	5
1.2.2对问题的分析.....	5
1.2.2.1对问题一的分析.....	6
1.2.2.2对问题二的分析.....	6
1.2.2.3对问题三的分析.....	7
2模型假设.....	7
3模型建立与求解.....	7
3.1对问题一的研究：LOGIT计量分析模型.....	7
3.1.1问题假设.....	7
3.1.2符号约定.....	8
3.1.5利用新疆拜城51633观测站85-05年观测数据进行模型检验.....	11
3.1.6对模型讨论.....	12
3.2对问题二的研究.....	13
3.2.1沙尘暴形成原因分析.....	13
3.2.2从沙尘动力学机理分析沙尘暴形成重要影响因素.....	13
3.3.1对各个省进行区域的划分和参数估计.....	17
3.3.2分析各个省同等级区域内的观测点之间的相关性：.....	22
3.3.3沙尘暴的重要沙源地位置及其影响范围：.....	23
4优缺点分析.....	24
参考文献.....	25

# 沙尘暴与各项气象指标的关系分析

## 1 问题重述与分析

### 1.1 问题重述

沙尘暴是一种灾害性天气，近年来频繁发生，对环境和人们的生产、生活都造成了影响甚至危害。对沙尘暴的发生条件需要加以研究，以便人们进行有效的预测和预防。请为沙尘暴的发生建立数学模型，具体问题如下：

问题一：对沙尘暴的发生次数进行分析，建立相应的数学模型，使人们可以根据相关气象数据的监测结果，估计出沙尘暴在某地区某段时间内发生的次数。

问题二：评估沙尘天气气象等级，预测在近期内观测站所在地发生沙尘暴的风险，并在高风险时发出警报信息。

问题三：考虑到沙尘在空气中随风传输的过程和各个观测站点的空间位置，进一步深入前面的问题，完善气候因素对沙尘暴发生频率的影响模型，完善各地区对沙尘暴的短期预报机制，并估计中国境内引起沙尘暴的重要沙源地位置及其影响范围。

### 1.2 问题分析

#### 1.2.1 背景宏观分析

我国气象部门的规定，沙尘天气包括浮尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴和特强沙尘暴五种类型。主要发生在沙漠及临近的干旱、半干旱地区，强沙尘暴能在短时间内给生态环境和人类社会造成严重损失。每年春季，我国北方大部分地区都要不同程度地遭受沙尘暴的影响，给国民经济和社会发展带来较大的危害和损失。

关于沙尘暴问题，我国学者已开展了不少的研究，统计预报沙尘暴，主要方法有 K-最近邻法、BP 神经网络分析法，聚类分析法，相似离度方法等。但决大多数主要是集中在沙尘暴的气候特征、变化趋势、灾害防治等问题，或者是重点分析某一次影响较大的沙尘暴天气过程，而就某年沙尘暴问题进行系统分析的论文较少。

#### 1.2.2 对问题的分析

##### 一、分析已知数据

（一）西北六省的 193 个观测点的编号及其地点名称。

（二）其中绝大部分观测点给出了 45 年间各个月份（1）月平均风速、（2）月大风发生、（3）月平均气温、（4）月降水量、（5）月平均相对湿度、（6）月沙尘暴天数的观测值。

（三）每个省份一部分观测点给出了辐射量的观测值（内蒙古 1、新疆 7、青海 3、

陕西 1、甘肃 1、宁夏 1)，包括：(1) 净全辐射、(2) 总辐射、(3) 散射辐射、(4) 直接辐射、(5) 反射辐射 五个方面的观测值。

## 二、分析沙尘暴的形成过程

沙尘暴是由于强风将地面大量的沙尘卷入空中，致使空气特别混浊，水平能见度低于 1km 的风沙天气现象。沙尘暴的产生主要是受三大因子支配：1 强风因子，2 热力动力不稳定因子，3 沙尘源因子。

据题目已有资料，本文先将强风因子与月均大风天数、月均风速相联系；将热力因子与月均温，月相对湿度相联系；考虑到沙尘暴形成与土地植被、土地结持状况相关，将土壤状况与月降水量、月蒸发量、月相对湿度相联系。

本题目要求的是对沙尘暴与各项气象指标的关系进行分析。由题目本身看，似乎不包括沙尘暴与地表沙化程度的关系分析。题目附带数据所包括的降雨量、蒸发量、风速、湿度都为气象指标。可我们认为，由这些气象指标，也可以在一定程度上推知地表的状况，因此题目要求的对气象指标的分析，也可以看成是对地表情况和气象指标两者与沙尘暴关系的综合分析。

另外，沙尘源是个地理条件，相对来说比较固定，主要由冷空气路径来决定。只要冷空气经过的下垫面有丰富的沙源，就要看另外两个因子。所以预报的重点是强风和热力不稳定这两个因子。题目所给的观测点新疆、内蒙古、甘肃、宁夏等都有大片的荒漠、戈壁面积，是我国的沙尘暴发源地。在这种情况下，预报的重点理所当然地转向强风和热力因子。

### 1.2.2.1 对问题一的分析

问题一：对沙尘暴的发生次数进行分析，建立相应的数学模型，根据相关气象数据，估计出沙尘暴在某地区某段时间内发生的次数。

我们应该注意到的是：

1、研究的对象为我国西北地区六个省份观测站点在 45 年内的观测数据（气象指标），主要包括六个方面：(1) 月平均风速、(2) 月大风发生、(3) 月平均气温、(4) 月降水量、(5) 月平均相对湿度、(6) 辐射量；通过这六个方面的数据，找出它们与月沙尘暴天数之间的内在关系。

2、模型的评判标准是预测数据对真实数据拟合的好坏。

### 1.2.2.2 对问题二的分析

问题二：评估沙尘天气气象等级，预测在近期内观测站所在地发生沙尘暴的风险，并在高风险时发出警报信息。

我们应该注意到的是：

一、在问题一中，只是从数据规律反应出沙尘暴发生的规律，没有考虑到沙尘暴产生的机理，预测结果可能只是体现了数据上的规律性，无法在物理学和气象学上得到解释，甚至还会出现预测结果与真实结果之间出现比较大差距的现象。所以从物理学和气象学的角度分析沙尘暴产生的机理，建立基于沙尘动力学机理的模型。

二、沙尘暴等级确定：

国家气象局对沙尘天气气象等级的划分，依据沙尘天气的能见度和风速大小的差别，将其划分成六个等级：1 无沙尘、2 浮尘、3 扬沙、4 沙尘暴、5 强沙尘暴、6 极强沙尘暴

三、预报危险机制模型：

黄色预警、橙色预警、红色预警

### 1.2.2.3 对问题三的分析

问题三：考虑沙尘在空气中随风传输过程和各个观测站点的空间位置，完善气候因素对沙尘暴发生频率的影响模型，完善各地区对沙尘暴的短期预报机制，并估计中国境内引起沙尘暴的重要沙源地位置及其影响范围。

我们应该注意到的是：

一、根据动力不稳定因子和干燥系数这两个影响沙尘暴重要的评判标准，在以各个省为单位，将观测点分为：危险区、警报区、防御区、普通区。研究各个省内同等级区域的观测点之间的影响关系。

二、分析各个省内同等级区域的观测点的观测数据是否具有相关性，如果相关性比较大，则认为它们之间的沙尘暴出现存在一定的影响（可能是由于地理位置较接近、气流走势等因素的结果），那么这类观测点就不能简单的单独分析，而也应该考虑到相关点的影响。

三、沙尘暴的重要沙源地位置及其影响范围：

（一）主要沙尘源的位置由两方面的因素确定：1、动力不稳定因子和干燥系数这两个影响沙尘暴重要的评判标准（即属于危险区、警报区、防御区、普通区中的那个区）2、问题一、二中所得出发生沙尘暴的可能性大小。

（二）其影响范围也由两方面的因素确定：1、发生沙尘暴的可能性大小，2、与其他观测点间相关性的影响大小（越大认为影响范围越大）。

## 2 模型假设

1. 假设沙尘暴发生可能性大小与月平均风速、月大风发生、月平均气温、月降水量、月平均相对湿度、太阳辐射六个因素有关，沙尘暴的产生的三大支配因子：1 强风因子，2 热力动力不稳定因子，3 沙尘源因子都可以在上述因素中得以体现；
2. 假设沙粒为球状；
3. 颗粒已被悬浮起来做不沉积的运动。
4. 颗粒相与流体相的阻力不计。

## 3 模型建立与求解

### 3.1 对问题一的研究：LOGIT 计量分析模型

这部分是对数据的计量分析，试图从对已有数据的分析中找出影响沙尘暴形成的关键因素，之后，根据关键因素对沙尘暴未来可能形成与否的状况做出大致的判断，并且，在关键因素（题中的气候指标）之后对数值进行区间划分，在划分的基础上形成沙尘暴的分级。

#### 3.1.1 问题假设

沙尘暴形成与否与三大因子即强风因子，热力动力不稳定因子和沙尘源因子相关，且这三大因子——本题情况下重点考虑后两个——可以由气候观测指标值推测出并做出量化。本文假设沙尘暴形成概率是气候观测指标变量的函数。

### 3.1.2 符号约定

SW	月平均风速
EW	月大风日数
AEW	月大风日数的日均值，取为 EW/30
T	月平均气温
RF	月降水量
ARF	月降水量的日均值，取为 RF/30
RE	月蒸发量
ARE	月蒸发量的日均值，取为 RE/30
HU	月相对湿度
D	月沙尘暴天数
DB	虚拟变量，一天中形成沙尘暴与否，是为 1，否为 0
P	一天中形成沙尘暴的可能性

#### 3.1.3.1 模型假设

一天中形成沙尘暴的可能性是变量 SW,AEW,ARF,ARE,HU 的分布函数，列出以下函数假设：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(a_0 + a_1 * SW + a_2 * AEW + a_3 * T + a_4 * ARF + a_5 * ARE + a_6 * HU)}} \quad (1)$$

#### 3.1.4.1 利用内蒙古 85-05 年 50425-52378 号观测站观测数据进行模型检验

题目数据给出了宁夏、内蒙、新疆、甘肃、陕西、青海六地各个观测站的观测数据，为进行检验，暂时选用内蒙古 85-05 年的观测数据，并在其中剔除缺乏月大风日数观测值的 52576 后各站观测数据，进行模型参数估计并进行检验。

检验原假设与备选假设如下：

A0:  $a_1 = 0$ ; 或  $a_2 = 0$ ; 或  $a_3 = 0$ ; 或  $a_4 = 0$ ; 或  $a_5 = 0$ ; 或  $a_6 = 0$ ;

A1: A0 不为真。

在 Eviews 中导入数据，Eviews 的运算结果如下：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-1.612832	0.523943	-3.078259	0.0021
SW	0.828476	0.090949	9.109224	0.0000
AEW	2.036633	0.786896	2.588187	0.0096
T	-0.023783	0.014642	-1.624306	0.1043
ARF	-0.091413	0.165811	-0.551306	0.5814
ARE	0.089193	0.032380	2.754581	0.0059
HU	-0.084998	0.008305	-10.23422	0.0000
Mean dependent var	0.116740	S.D. dependent var	0.321151	
S.E. of regression	0.239154	Akaike info criterion	0.383230	
Sum squared resid	222.0287	Schwarz criterion	0.394508	
Log likelihood	-738.1900	Hannan-Quinn criter.	0.387233	
Restr. log likelihood	-1401.510	Avg. log likelihood	-0.189815	
LR statistic (6 df)	1326.640	McFadden	0.473290	
Probability(LR stat)	0.000000			



由以上结果，ARF 的 Z 统计量检验不显著，ARF 不是显著不为零。原假设不能认为不成立，不拒绝。但可对以上变量系数符号进行考察，SW 系数符号为正，可能意味其对沙尘暴的形成具有正效应，风速越大，形成沙尘暴的可能性越大；AEW 系数符号为负，可能意味其对沙尘暴的形成也具有正效应，月大风日数的日均值越大，形成沙尘暴的可能性越大；T 系数符号为负，可能意味其对沙尘暴的形成具有负效应，温度越高，形成沙尘暴的可能性小；ARF 系数符号同样为负，可能意味其对沙尘暴的形成具有负效应，日均降雨量越大，形成沙尘暴的可能性越小；ARE，HU 的系数符号可能意味着：日均蒸发量越大，形成沙尘暴的可能性越大，相对湿度越大，形成沙尘暴的可能性越小。

以上系数符号具有合理性。沙尘暴的形成，得力于干燥的环境，地表植被缺乏，热力环境不稳定，冷空气入侵等条件。以上系数符号与沙尘暴形成的条件要求基本上是一致的。

### 3.1.4.2 分析原因，对模型改进

以上模型检验不成立，原因可能是变量之间存在共线性。利用 EVIEW 的相关性分析，T 与 ARE，AEW 与 SW，AEW 与 HU 间的相关系数较大。为了避免共线性并考虑到简便，需重新选择变量构造模型进行 LOGIT 计量检验。

按照经验，湿度与降雨量之间正相关关系，与蒸发量之间存在负相关关系。另外，月均风速与沙尘暴之间的关系应该不是很明显，因为：即使月均风速较高，但每一个时刻的风速都较小，也不足以形成沙尘暴，按试验观测数据，当风速为 30m/s (11 级风力)，粒径为 0.5-1mm 的粗沙会飞离地面数 10cm，粒径为 0.125-0.25mm 的细沙会飞离地面 2m 高，粒径为 0.05-0.005mm 的粉沙可达 1.5km 高度。所以，与沙尘暴形成相关度较大的应该是月大风日数的日均值。

基于以上考虑，重新选择 AEW, T, HU 构造以下函数：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(a_0 + a_2 * AEW + a_3 * T + a_6 * HU)}} \quad (2)$$

检验假设变为：

$H_0: a_0 = 0; \text{或} a_2 = 0; \text{或} a_6 = 0$

$H_1: A_0$  不为真。

Eviews 的输出结果是：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2.467073	0.298926	8.253123	0.0000
AEW	5.563569	0.690498	8.057328	0.0000
T	-0.001644	0.006550	-0.250937	0.8019
HU	-0.112544	0.005970	-18.85177	0.0000
Mean dependent var	0.116740	S.D. dependent var	0.321151	
S.E. of regression	0.250785	Akaike info criterion	0.413866	
Sum squared resid	244.3401	Schwarz criterion	0.420310	
Log likelihood	-800.7619	Hannan-Quinn criter.	0.416153	
Restr. log likelihood	-1401.510	Avg. log likelihood	-0.205904	
LR statistic (3 df)	1201.496	McFadden	0.428643	
Probability(LR stat)	0.000000			

T 的 Z 统计量检验不显著，T 值不显著不为零，不拒绝原假设。

### 3.1.4.3 对模型进一步改进

一、T 值不显著不为零的原因猜测是：沙尘暴形成的因子强风因子与热动力不稳定因子共同决定了风的强度，热动力不稳定因子包括了气温因素，风的强度部分由月大风日数的日均值 AEW 表示，因此用 AEW 与 T 因素联合解释沙尘暴的形成存在重复解释的可能。

为此，再把 T 剔除，上面的假设函数变为：

$$P_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(a_0 + a_2 * AEW + a_6 * HU)}} \quad (3)$$

检验假设为：

H0:  $a_0=0$ ;或  $a_2=0$ ;或  $a_6=0$

H1: A0 不为真。

Eviews 的输出结果是：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2.439259	0.277469	8.791117	0.0000
AEW	5.517692	0.665625	8.289485	0.0000
HU	-0.112010	0.005566	-20.12386	0.0000
Mean dependent var	0.116740	S.D. dependent var	0.321151	
S.E. of regression	0.250746	Akaike info criterion	0.413368	
Sum squared resid	244.3271	Schwarz criterion	0.418201	
Log likelihood	-800.7934	Hannan-Quinn criter.	0.415083	
Restr. log likelihood	-1401.510	Avg. log likelihood	-0.205912	
LR statistic (2 df)	1201.433	McFadden	0.428621	
Probability(LR stat)	0.000000			

上表中各变量的统计检验值均显著，各值显著不为零，拒绝原假设。

二、考虑到日均降雨量 ARF，日均蒸发量 ARE 对潮湿度 HU 影响较大，如果将变量因素 HU 用因素 ARF，因素 ARE 代替，假设函数变为：

$$P_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(a_0 + a_2 * AEW + a_4 * ARF + a_5 * ARE)}}$$

检验假设：

A0:  $a_0=0$ ;或  $a_2=0$ ;或  $a_4=0$ ;或  $a_5=0$ ;

A1: 原假设不为真。

EViews 的输出是：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-2.080383	0.065602	-31.71239	0.0000
AEW	3.676417	0.393286	9.347945	0.0000
ARF	-0.668392	0.068620	-9.740433	0.0000
ARE	0.121762	0.007547	16.13466	0.0000
Mean dependent var	0.116740	S.D. dependent var	0.321151	
S.E. of regression	0.257869	Akaike info criterion	0.446945	
Sum squared resid	258.3387	Schwarz criterion	0.453390	
Log likelihood	-865.0850	Hannan-Quinn criter.	0.449233	
Restr. log likelihood	-1401.510	Avg. log likelihood	-0.222444	

LR statistic (3 df)	1072.850	McFadden	0.382748
Probability(LR stat)	0.000000		

上表中各变量的统计检验值均显著，各值显著不为零，拒绝原假设。

潮湿度、降雨量和蒸发量的联合均可作为沙尘暴形成的决定因素，但为简便，以及考虑到潮湿度是个可以衡量多方面环境特征的因素，包括地表植被情况，降雨量，蒸发量，另外 McFadden 统计量，在使用 ARF 与 ARE 的联合的情况下小于使用 HU。因此，与其选择降雨量跟蒸发量的联合，不如选择潮湿度作为模型的自变量，用以度量沙尘暴形成的可能。

### 3.1.5 利用新疆拜城 51633 观测站 85-05 年观测数据进行模型检验

以上是利用内蒙古部分观测站联合数据进行模型检验，为了解在其他省份潮湿度与月大风的日均值是否也为沙尘暴形成的关键决定因素，在此利用 51633 单个观测点的数据进行检验。验证在单个观测点的情况下，函数假设（3）是否依然成立。

首先验证函数假设（1）：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(a_0 + a_1 * SW + a_2 * AEW + a_3 * T + a_4 * ARF + a_5 * ARE + a_6 * HU)}}$$

EViews 输出结果是：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-1.122500	2.278907	-0.492561	0.6223
SW	1.462958	0.510079	2.868102	0.0041
AEW	-22.33191	10.73428	-2.080429	0.0375
T	0.053155	0.073116	0.726992	0.4672
ARF	-0.264546	0.549293	-0.481611	0.6301
ARE	0.153951	0.253345	0.607672	0.5434
HU	-0.040471	0.035135	-1.151890	0.2494
Mean dependent var	0.053872	S.D. dependent var		0.226146
S.E. of regression	0.195129	Akaike info criterion		0.296829
Sum squared resid	11.04180	Schwarz criterion		0.383886
Log likelihood	-37.07907	Hannan-Quinn criter.		0.331681
Restr. log likelihood	-62.29936	Avg. log likelihood		-0.124845
LR statistic (6 df)	50.44059	McFadden		0.404824
Probability(LR stat)	3.84E-09			

该表输出中大部分变量的检验均不显著。

再检验函数假设（2）：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(a_0 + a_2 * AEW + a_3 * T + a_6 * HU)}}$$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	7.133993	2.478324	2.878556	0.0040
AEW	-21.56496	18.12001	-1.190119	0.2340
T	0.133848	0.082179	1.628731	0.1034
HU	-0.186939	0.045472	-4.111048	0.0000
Mean dependent var	0.053872	S.D. dependent var		0.226146

S.E. of regression	0.211039	Akaike info criterion	0.335683
Sum squared resid	13.04949	Schwarz criterion	0.385430
Log likelihood	-45.84894	Hannan-Quinn criter.	0.355599
Restr. log likelihood	-62.29936	Avg. log likelihood	-0.154374
LR statistic (3 df)	32.90086	McFadden	0.264055
Probability(LR stat)	3.38E-07		

T 与 AEW 检验均不显著。

剔除 T，检验函数假设（3）：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(a_0 + a_2 * AEW + a_6 * HU)}}$$

输出结果：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	6.952148	2.329178	2.984807	0.0028
AEW	2.203923	9.433330	0.233631	0.8153
HU	-0.170847	0.040800	-4.187422	0.0000
Mean dependent var	0.053872	S.D. dependent var		0.226146
S.E. of regression	0.212989	Akaike info criterion		0.339052
Sum squared resid	13.33708	Schwarz criterion		0.376362
Log likelihood	-47.34921	Hannan-Quinn criter.		0.353989
Restr. log likelihood	-62.29936	Avg. log likelihood		-0.159425
LR statistic (2 df)	29.90030	McFadden		0.239973
Probability(LR stat)	3.22E-07			

AEW 系数检验不显著，去掉常数项 a0 以后，输出结果是：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AEW	14.17840	6.995397	2.026819	0.0427
HU	-0.060081	0.008631	-6.960862	0.0000
Mean dependent var	0.053872	S.D. dependent var		0.226146
S.E. of regression	0.219295	Akaike info criterion		0.365391
Sum squared resid	14.18666	Schwarz criterion		0.390265
Log likelihood	-52.26061	Hannan-Quinn criter.		0.375349
Avg. log likelihood	-0.175962			

AEW, HU 的系数检验在 5%水平上显著，检验成功。

### 3.1.6 对模型讨论

围绕以上两批数据进行的检验表明：①湿度与月大风日数的日均值是决定沙尘暴形成与否的重要因素，即使在不同的地区，这两个重要因素可以用以衡量沙尘暴形成的概率；②不同地方沙尘暴形成的关键决定因素的函数形式不一致，这是各地地理气候环境不一致的结果。针对不同的地区，需要各自进行参数估计。在下文的计算中，将采用函数：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(a_2 * AEW + a_6 * HU)}} \quad (5)$$

作为参数估计对象。

### 3.2 对问题二的研究

在问题一中，只是从数据规律反应出沙尘暴发生的规律，没有考虑到沙尘暴产生的机理，预测结果可能只是体现了数据上的规律性，无法在物理学和气象学上得到解释，甚至还会出现预测结果与真实结果之间出现比较大差距的现象。所以我们从物理学和气象学的角度分析沙尘暴产生的机理，建立基于沙尘动力学机理的模型。

#### 3.2.1 沙尘暴形成原因分析

沙尘暴的形成必须具备四个条件：一是地面上的沙尘源，它是形成沙尘暴的物质基础；二是大风，这是沙尘暴形成的动力基础，也是沙尘暴能够长距离输送的动力保证；三是不稳定的空气状态，这是重要的局地热力条件；四是干旱的气候环境。

#### 3.2.2 从沙尘动力学机理分析沙尘暴形成重要影响因素

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{空气流的不稳定} \Rightarrow \text{Richardson 不稳定系数} \left\{ \begin{array}{l} \text{起沙} \Rightarrow \text{动力不稳定} \left( \frac{\partial SW}{\partial t} \right) \\ \text{扬沙} \Rightarrow \text{静力不稳定} \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right) \end{array} \right. \\ \text{地质情况} \Rightarrow \text{干燥度 } K \left\{ \begin{array}{l} 10^{\circ}\text{C 以上积温} \\ 10^{\circ}\text{以上同期降水量} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

#### 3.2.2.1 Richardson 不稳定系数

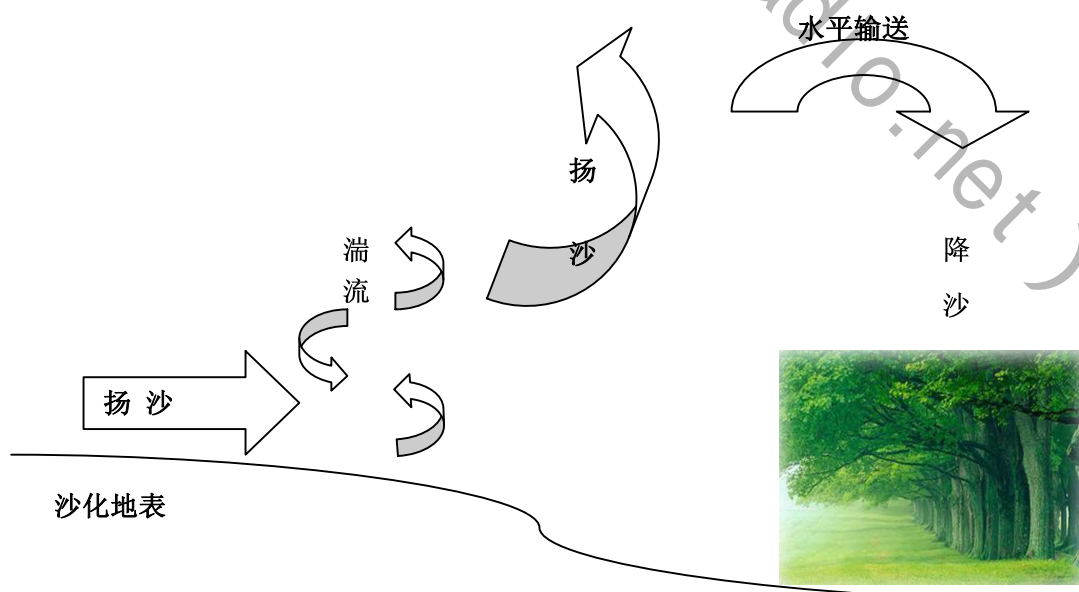


图 1 沙尘暴形成过程示意图

根据沙尘暴产生的天气学概念模型，可以用**起沙**和**扬沙**两种机制来概括其产生，同时沙尘暴是冷空气在移动过程中出现的一种强烈锋生过程，并且沙尘暴产生的大气边界层是极其不稳定的（包括**静力**和**动力**不稳定），湍流发展旺盛。

### (1) 起沙

说明边界层内必有较强的风速垂直切变存在（动力不稳定），并可用  $\frac{\partial SW}{\partial t}$  表示；

### (2) 扬沙

说明边界层必然存在浮力上升运动（静力不稳定），并可用  $\frac{\partial T}{\partial t}$  表示

再把垂直动量锋生（即风速垂直切变加大）和垂直温度锋生（即大气层结趋于更加不稳定）结合起来考虑，就形成一个判定行星边界层稳定与不稳定的一个重要参数，即梯度 **Richardson** 数  $Ri$ 。

$Ri$  定义如下：

$$Ri = \frac{\frac{g}{T_v} \frac{\partial T_v}{\partial z}}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial SW}{\partial z}\right)^2} \quad [1] \quad (6)$$

式中  $T_v = (1 + 0.0608q)T$  为虚位温。为了便于模式计算， $\frac{\Delta T_v}{\Delta z}$  分别用近似  $\frac{\partial T_v}{\partial z}$ ，用  $\frac{\Delta u}{\Delta z}$  去近似  $\frac{\partial u}{\partial z}$ ，那么就能确定一个叫做总体 **Richardson** 数  $Ri_b$  的新比值：

$$Ri_b = \frac{g \Delta T_v \Delta Z}{T_v [(\Delta u)^2 + (\Delta SW)^2]}$$

上式应用到模式最底层，有：

$$Ri_b = \frac{g z_a (T_{va} - T_{vg})}{T_a SW^2}$$

其中  $SW = (SW_a + SW_b)^{\frac{1}{2}}$ ， $SW_a$  是模式最低位面  $Z_a$  上的风速， $SW_b$  是一个对流速度，并由下式确定

$$SW_b = 2(T_g - T_a)^{\frac{1}{2}}$$

$T_g$  和  $T_a$  分别为  $Z_a$  和地面上的位温， $T_{vg}$  和  $T_{va}$  分别为  $Z_a$  和地面上的虚位温。

**Richardson** 数值为负数时，表示的是静力和动力不稳定气流，这种气流肯定有湍流发生，此种情况最有利于沙尘暴的发生，更具体一点来说，就是最有利于沙尘上扬到高空。

在这里我们用潮湿度  $HU$  代表动力粗糙度  $Z$ ，由(1)式可知， $Ri$  的正负由

$$Ri_b^\infty = \frac{\partial SW}{\partial HU} \frac{\partial T}{\partial HU} \quad \text{决定} \quad (7)$$

### 3.2.2.2 干燥度 K

干燥度是衡量一个地区气候干湿度的指标，其值愈大气候愈干燥，它是判断一个地点是否会发生沙尘暴的重要数值。干燥度公式为：

$$K = \frac{0.16 \sum T \geq 10^{\circ} C}{\sum RF \geq 10^{\circ} C} \quad (8)$$

式中  $\sum T \geq 10^{\circ} C$  和  $\sum RF \geq 10^{\circ} C$  分别是  $10^{\circ} C$  以上积温和同期（注意时间单位）降水量，表示可能蒸散量与降水量之比。它表示一地气候的干湿状况，常用于农业气候区划和生态区划。通常干燥度小于 1.00 属于气候湿润地区，1.00 ~ 1.49 属于半湿润地区，1.50 ~ 3.49 属于半干旱地区，3.50 以上属于干旱地区。

### 3.2.2.3 沙尘暴等级的确定

一、《沙尘暴天气监测规范》（2006 年 11 月 1 日实施）将浮尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴、极强沙尘暴统称为沙尘暴，各类沙尘暴天气的具体定义如下：

- [1] 浮尘:尘土、细沙均匀地浮游在空中，使能见度小于 10km 的天气现象。
- [2] 扬沙:风将地面尘沙吹起，使空气相当混浊，水平能见度在 1km~10km 的天气现象。
- [3] 沙尘暴:风将地面大量尘沙吹起，使空气很混浊，水平能见度小于 1km 的天气现象。
- [4] 强沙尘暴:大风将地面尘沙吹起，使空气非常混浊，水平能见度小于 500m 的天气现象。
- [5] 特强沙尘暴:狂风将地面大量尘沙吹起，使空气特别混浊，水平能见度小于 50m 的天气现象。

二、对于沙尘暴等级的区分有不同的区分方式例如直径小于 40um（微米）沙尘（DM40）的地面浓度（ug/m<sup>3</sup>，微克每立方米）空间分布区分可分为：

名称	直径小于 40um（微米）沙尘（DM40）的地面浓度（ug/m <sup>3</sup> ，微克每立方米）空间分布区分
无沙尘	DM40 < 200 ug/m <sup>3</sup>
浮尘	200 ≤ DM40 < 500
扬沙	500 ≤ DM40 < 2000
沙尘暴	2000 ≤ DM40 < 5000
强沙尘暴	5000 ≤ DM40 < 20000
极强沙尘暴	DM40 ≥ 20000

### 3.2.2.4 沙尘暴预测警报的确定

根据沙尘暴预警可以分三级，分别以黄色、橙色、红色表示：

含 义	防 御 指 南
黄色预警	12 小时内可能出现沙尘暴天气（能见度小于 1000 米），或者已经出现沙尘暴天气并可能持续。

橙色预警	6 小时内可能出现强沙尘暴天气（能见度小于 500 米），或者已经出现强沙尘暴天气并可能持续。
红色预警	6 小时内可能出现特强沙尘暴天气（能见度小于 50 米），或者已经出现特强沙尘暴天气并可能持续。

### 3.2.2.5 建立沙尘暴等级评估模型：

根据所给的数据计算出 Richardson 不稳定系数和干燥度  $K$ ，我们可以得到对应观测点的不稳定程度，同时联系问题一中数理统计得出的沙尘暴发生可能性  $P_{(DB=1)}$ ，综合得出

危险指数  $E_i$

$$E_i = \frac{P_{(DB=1)} * K + (1 - P_{(DB=1)}) * R_i}{\sqrt{P_{(DB=1)} * (1 - P_{(DB=1)})}} \left[ \frac{\ln(P_{(DB=1)} + \sqrt{K^2 + R_i^2})}{1 + P_{(DB=1)}} \right] \quad (9)$$

并对应各等级发出预警信号

### 3.2.2.6 等级划分

例沙尘暴发生可能性的估计可由：

$$P_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(6.118795 * AEW - 0.085036 * HU)}} \quad (10)$$

取得，为此，对  $AEW$  与  $HU$  进行区间划分， $AEW$ 、 $HU$  与相应的概率  $P$  组合的可能情况列于下表：

$AEW \backslash HU$	30	60	90
0.1	0.125736	0.011093	0.000874
0.2	0.209603	0.020265	0.001611
0.3	0.328398	0.036738	0.002966

从该表，对概率大小进行排序后按我们的划分，由气象指标落在概率 0.1 以下的为沙尘暴可能发生的一般等级；概率在 0.1-0.2 之间的为防御等级；概率在 0.2-0.3 之间的为警戒等级；概率在 0.3 以上的为危险等级。

在上面的划分之下，只要  $HU > 60$ ，不论  $AEW$  具体值为多少，根据气象指标得出的沙尘暴风险等级只是一般等级；在  $HU < 60$  时，若  $AEW \leq 0.1$ ，沙尘暴风险等级处于防御等级；若  $AEW$  在 0.1 与 0.2 之间，沙尘暴风险等级处于警戒等级；若  $AEW$  大于 0.3，沙尘暴风险等级处于危险等级。

### 3.2.2.7 沙尘暴预测预警

以位于青海的观测点冷湖 52602 为例子。

现在是春季，冷湖观测点月大风日数的日均值低于 0.3，湿度小于 30，冷湖沙尘暴风险等级只是一般等级，无须发出高风险警报信息。



考虑沙尘在空气中随风传输过程和各个观测站点的空间位置，完善气候因素对沙尘暴发生频率的影响模型，完善各地区对沙尘暴的短期预报机制，并估计中国境内引起沙尘暴的重要沙源地位置及其影响范围。

### 3.3.1 对各个省进行区域的划分和参数估计

#### 3.3.1.1 对各个省进行区域的划分和参数估计

$$\left. \begin{array}{l} \text{划分标准} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{空气流的不稳定} \Rightarrow \text{Richardson 不稳定系数} \left\{ \begin{array}{l} \text{起沙} \Rightarrow \text{动力不稳定} \left( \frac{\partial SW}{\partial t} \right) \\ \text{扬沙} \Rightarrow \text{静力不稳定} \left( -\frac{\partial T}{\partial t} \right) \end{array} \right. \\ \text{地质情况} \Rightarrow \text{干燥度 } K \left\{ \begin{array}{l} 10^{\circ}\text{C 以上积温} \\ 10^{\circ}\text{以上同期降水量} \end{array} \right. \end{array} \right\}$$

根据问题二中的 **Richardson** 不稳定系数的新比值  $Ri_b$  和干燥度  $K$  两个指标，将题目中所给的 187 个观测点划分为四个区域：

- 1  $Ri_b^{\infty} < 0$ ，且  $K > 3.5$ ，即为危险区（强迫对流不稳定，干旱）
- 2  $Ri_b^{\infty} < 0$ ，且  $3.5 \geq K > 1.5$ ，即为警报区（强迫对流不稳定，半干旱）
- 3  $Ri_b^{\infty} > 0$ ，且  $K > 3.5$ ，即为防御区（自由对流不稳定，干旱）
- 4 其他，为一般区  $Ri_b^{\infty} < 0$

(1)根据 **Richardson** 不稳定系数，将  $Ri_b^{\infty} < 0$  的观测站列举如下：

内蒙古	52267	52378	52576	53446	53502	53513	53529
	53602	54218	54226				
甘肃	52418	52424	52436	52446	52447	52652	52679
	52681	52895	52986	53821	53915	53923	56096
	57006						
宁夏	53614	53615	53705	53723			
新疆	51133	51232	51241	51334	51346	51356	51365
	51431	51495	51526	51567	51573	51628	51633
	51644	51656	51705	51716	51720	51730	51765
	51777	51811	51818	51828	51839	51855	52203
陕西	53738	53740	53754	53929	53942	57016	57036
青海	52868	52876					

(2)根据干燥度  $K$ ，将题目近 180 个观测站台所给的数据划分为：

	湿润 ( $K \leq 1.5$ )		半干旱 ( $3.5 \geq K > 1.5$ )		干旱 ( $K > 3.5$ )	
内蒙古	50632	54115	54213	53352	53231	53502
	50727	53480	54218	53083	53068	52378

报名号 # 2449

	50548	54012	54135	53192	53513	52267
	50834	53391	50618	53529	52576	
	50425	50514	50915	53276		
	50838	54226	50603	53602		
	50527	53362	53446	53195		
			53149			
甘肃	56080	53923	52674	52895	52652	52424
	56093	53915	52661	52679	52681	52418
	52996	52983			52323	52447
	52984	57006			52436	52446
	52986	53821				
	56096					
宁夏			53614	53723	53615	
			53705			
新疆	51542	51437	51467	51711	51186	51567
			52101	51241	51059	51232
			51330	51288	51431	51628
			51156	51705	51379	51644
					51133	51716
					51087	52313
					51356	51526
					51076	51811
					51053	51730
					51346	51656
					51633	51818
					51068	51839
					51804	51495
					51365	51828
					51720	52203
					51886	51777
					51334	51765
					51573	51855
陕西	53738	53942	53740	53754		
	53929	57016				
	57036					
青海	56151	52765	52876	56033	52713	52602
	56065	52754	52868	52737	52825	
	56018	56029	52836			
	52645	52657				
	56046	52633				
	56021	52943				
	52856	52866				

(3)综合 Richardson 不稳定系数和干燥度  $K$  将观测站点划分为下列四个区域  $F_i$ ：

报名号 # 2449

	1 危险区	2 警报区	3 防御区	4 普通区
内蒙古	52267 52378 52576 53513	53446 53502 53529 53602 54218 54226	53068 53231 53502	其他
甘肃	52418 52424 52436 52446 52447 52652 52681	52679 52895 52986 53821 53915 53923 56096 57006	52323	
宁夏	53615	53614 53705 53723		
新疆	51133 51232 51334 51346 51356 51365 51431 51495 51526 51567 51573 51628 51633 51644 51656 51716 51720 51730 51765 51777 51811 51818 51828 51839 51855 52203	51241 51705 51804	51053 51059 51068 51076 51087 51186 51379 51886 52313	其他
陕西		53738 53740 53754 53929 53942 57016 57036		
青海		52868 52876	52602 52713 52825	

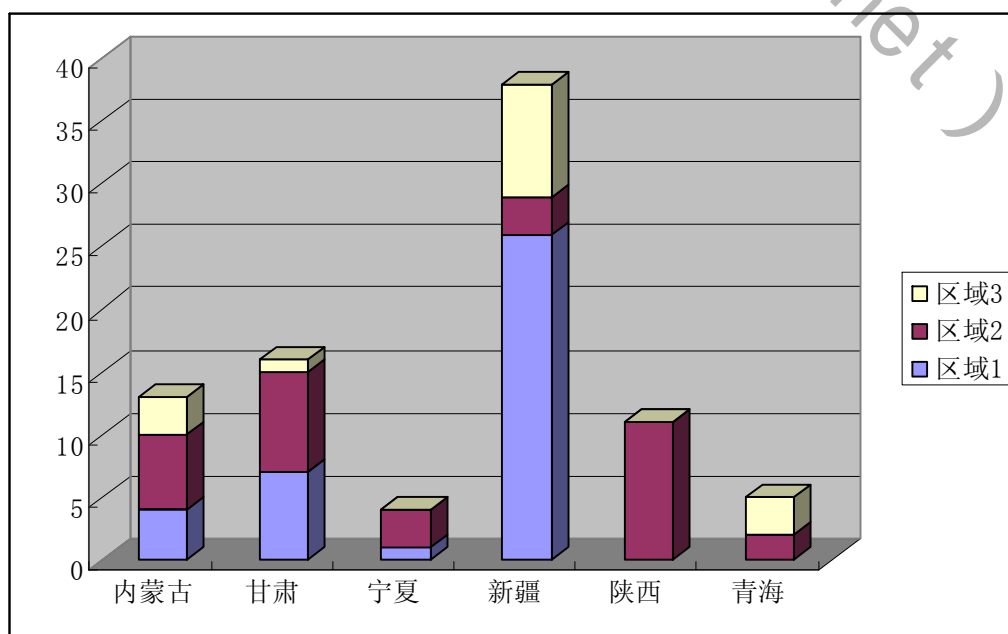


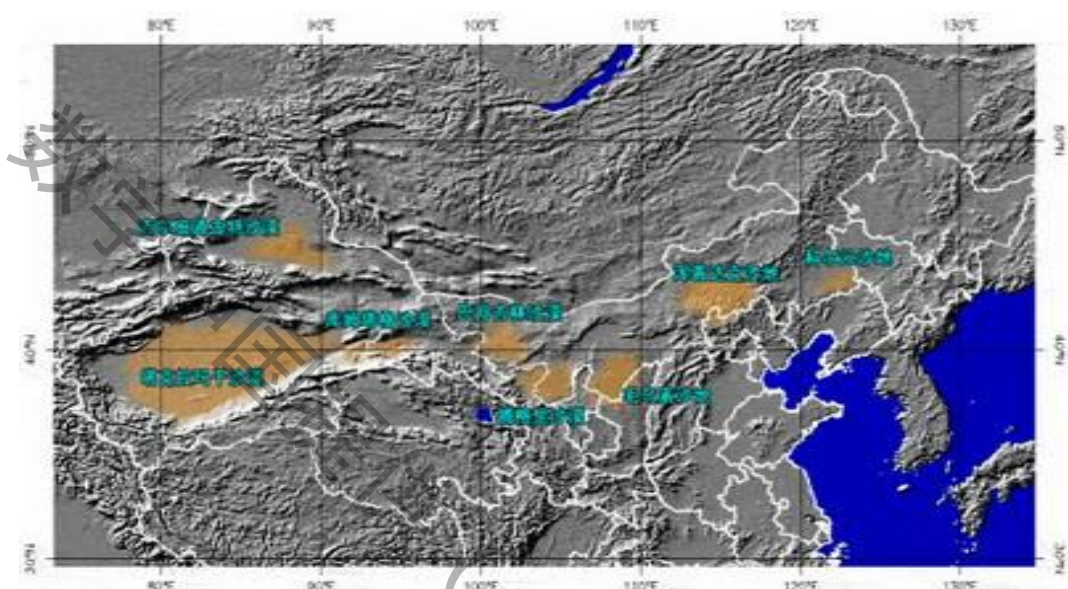
图 1 根据不稳定系数  $Ri$  和干燥度  $K$  将各省观测站点划分的情况

图 2 卫星拍摄中国沙漠分布图

从卫星拍摄的中国沙漠分布图中可以看出，沙漠源主要分别在新疆、内蒙古、甘肃，与由 **Richardson** 不稳定系数和干燥度  $K$  将观测站点划分的情况基本符合，这在一定程度上证实我们分类的正确性。

### 3.3.1.2 分区域完成参数估计

#### 3.3.1.2.1 危险区

从危险区中选择 51346 观测站 85-05 年数据进行参数估计。估计结果如下：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AEW	14.17840	6.995397	2.026819	0.0427
HU	-0.060081	0.008631	-6.960862	0.0000
Mean dependent var	0.053872	S.D. dependent var		0.226146
S.E. of regression	0.219295	Akaike info criterion		0.365391
Sum squared resid	14.18666	Schwarz criterion		0.390265
Log likelihood	-52.26061	Hannan-Quinn criter.		0.375349
Avg. log likelihood	-0.175962			

对于危险区中的观测点，一天中发生沙尘暴的可能性可由下式估计：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(14.17540*AEW - 0.060081*HU)}} \quad (11)$$

在一段时期内（设该时期是 TL）沙尘暴的发生次数 N 的期望为：

$$E_{(N)} = TL * P$$

### 3.3.1.2.2 警报区

从警报区中选取内蒙古 85-05 年 50425-52378 号观测站观测数据进行参数估计，估计前面已完成。

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AEW	9.394159	0.505286	18.59178	0.0000
HU	-0.071362	0.002362	-30.21298	0.0000
Mean dependent var	0.116740	S.D. dependent var		0.321151
S.E. of regression	0.257779	Akaike info criterion		0.433137
Sum squared resid	258.2917	Schwarz criterion		0.436360
Log likelihood	-840.2352	Hannan-Quinn criter.		0.434281
Avg. log likelihood	-0.216054			

对于警报区中的观测点，一天中发生沙尘暴的可能性可由下式估计：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(9.3941*AEW - 0.07136*HU)}} \quad (12)$$

同样，在一段时期内沙尘暴的发生期望次数为：

$$E_{(N)} = TL * P;$$

### 3.3.1.2.3 防御区

从防御区中选取观测点 51076 的观测数据进行参数估计，结果，对于防御区中的观测点，一天中发生沙尘暴的可能性可由下式估计：

$$p_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(6.118795*AEW - 0.085036*HU)}} \quad (13)$$

### 3.3.1.2.4 一般区

从一般区中选取观测点 53738 的观测数据进行参数估计，结果是：

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AEW	56.19382	12.00075	4.682526	0.0000
HU	-0.076204	0.009990	-7.628084	0.0000
Mean dependent var	0.093333	S.D. dependent var		0.291385
S.E. of regression	0.265694	Akaike info criterion		0.484298
Sum squared resid	21.03687	Schwarz criterion		0.508990
Log likelihood	-70.64468	Hannan-Quinn criter.		0.494180
Avg. log likelihood	-0.235482			

对于一般区中的观测点，一天中发生沙尘暴的可能性由下式估计：

$$P_{(DB=1)} = \frac{1}{1 + e^{-(56.19382*AEW - 0.076204*HU)}} \quad (14)$$

同样，在一段时期内沙尘暴的发生期望次数为：

$$E_{(N)} = TL * P;$$

### 3.3.1.3 发生沙尘暴天数估计与实际值比较

基于防御区中的观测点 51076 观测数据估计而得的函数可用以进行发生沙尘暴天数的估计。利用估计函数对 1981 年 1-12 月各月发生沙尘暴天数估计的结果与实际值的比价如下表：

估计	0.076	0.06	0.09	1.11	3.58	1.51	0.82	0.79	0.37	0.33	0.06	0.07
实际	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

如果将小于零的数据看作零，则预测数据与真实数据非常接近。

### 3.3.2 分析各个省同等级区域内的观测点之间的相关性：

分析各个省内同等级区域的观测点的观测数据是否具有相关性，如果相关性比较大，则认为它们之间的沙尘暴出现存在一定的影响（可能是由于地理位置较接近、气流走势等因素的结果），那么这类观测点就不能简单的单独分析，而也应该考虑到相关点的影响。

(1) 两个观测点之间的相关性分析：

$$r_{XY} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (15)$$

其中， $X_i$ 是在特定的年月观测点对应的沙尘暴发生天数， $\bar{X}$ 是观测点所有年月的沙尘暴发生天数平均值， $Y_i$ 是在特定的年月另一观测点对应的沙尘暴发生天数， $\bar{Y}$ 是其所有年月的沙尘暴发生天数平均值。

(2) 进行循环运算，计算出所有的观测点之间的相关性系数：

$$\begin{aligned} & \text{for } j = j_{\min} \text{ to } j_{\max} \\ & \quad i = i_{\min} \text{ to } i_{\max} \\ & \quad j \neq i \\ & \quad r_{XY} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \\ & \text{end} \end{aligned} \quad (16)$$

(3) 对相关系数进行检验，看观测点之间是否有内在联系：

例如：在for循环中发现：53192、53195、54012三个观测点之间的相关系数较大：

①使用Eviews进行相关检验：

Dependent Variable: X  
Method: Least Squares

Date: 05/11/08 Time: 23:05

Sample(adjusted): 1 240

Included observations: 240 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y	0.758621	0.044028	17.23051	0.0000
R-squared	0.472067	Mean dependent var		0.558333
Adjusted R-squared	0.472067	S.D. dependent var		1.305257
S.E. of regression	0.948387	Akaike info criterion		2.736049
Sum squared resid	214.9655	Schwarz criterion		2.750552
Log likelihood	-327.3259	Durbin-Watson stat		1.685484

② 相关系数结果：

	53192	53195	54102
53192	1.000000	0.787973	0.749462
53195	0.787973	1.000000	0.830370
54102	0.749462	0.830370	1.000000

$$r_{53192,53195} = 0.787973$$

$$r_{53195,54102} = 0.830370$$

$$r_{53192,54102} = 0.749462$$

观测点53192、53195、54102对应的地名是内蒙古的阿巴嘎旗、苏尼特左旗、锡林浩特，它们在地图上的地理位置很相近从而在一定程度上支持了我们的看法。



图3 阿巴嘎旗、苏尼特左旗、锡林浩特的地理位置

### 3.3.3 沙尘暴的重要沙源地位置及其影响范围：

(一) 主要沙尘源的位置(沙尘危险系数  $S$ ) 由两方面的因素确定：1、动力不稳定因子  $R_i$  和干燥系数  $K$  这两个影响沙尘暴重要的评判标准(即属于危险区、警报区、防御区、普通区中的那个区) 2、问题一、二中所得出发生沙尘暴的可能性大小  $p_{(DB=1)}$ 。

$$S = C_1 * F_i + C_2 * p_{(DB=1)} \quad (17)$$

其中， $C_1$ 、 $C_2$  是评判标准  $F_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) 与沙尘暴的可能性大小  $p_{(DB=1)}$  对应的权重。

对应的标准沙尘危险系数  $S^D$  为  $S$  归一化的结果：

$$S^D = \frac{S - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \quad (18)$$

将沙尘源列举如下：

(二) 其影响范围影响系数  $V$  也由两方面的因素确定：1、发生沙尘暴的可能性大小  $p_{(DB=1)}$ ，2、与其他观测点间相关性  $r_{XY}$  的大小（越大认为影响范围越大）。

$$V = m * (S^D)^2 + m_1 * r_{XY} * S^D + m_2 * (r_{XY})^2 \quad (19)$$

内蒙古	52378	52576	53513	52267				
影响范围	0.1712	0.1423	0.1533	0.2012				
甘肃	52418	52424	52436	52446	52447	52652	52681	
影响范围	0.2112	0.0809	0.1019	0.162	0.0781	0.0651	0.1921	
	51133	51232	51356	51365	51334	51346	51431	51495
	0.1201	0.2102	0.4312	0.5212	0.1228	0.1244	0.6512	0.2711
新疆	51526	51567	51573	51628	51633	51644	51828	51839
	0.3214	0.2171	0.0921	0.2314	0.5231	0.1204	0.3123	0.2123
	51765	51777	51720	51730	51811	51818		
	0.2341	0.5123	0.2384	0.0918	0.4251	0.2133		
陕西	53754	53929						
影响范围	0.0931	0.1215						
青海	52868							
影响范围	0.1241							
宁夏	53615							
影响范围	0.0981							

#### 4 优缺点分析

1. 模型简洁，方便使用，但缺乏全面分析；
2. 考虑较为全面，不仅从数理统计的角度进行分析，也从物理学和气象学上对沙尘暴的动力学机理进行分析。
3. 在用甘肃一些观测点检验 Logit 模型后，发现模型预测与实际存在较大偏差。这也说明 Logit 解释预测模型过于简单，需要进行进一步的细化分析；Logit 模型只是用于简单的关键因素判断；理想的解释过程应是在对沙尘暴形成过程有所把握后，建立沙尘暴形成系统模型进行分析；

#### 参考文献



- [1] 杨德保. 沙尘暴[M]. 气象出版社, 2003(3).
- [2] 于贵瑞, 何洪林. 中国陆地生态系统空间化信息研究图集[M]. 气象出版社, 2004(12).
- [3] 寿绍文, 励申申, 姚秀萍. 中尺度气象学[M]. 气象出版社, 2003(8).
- [4] 彭继平, 李钢铁. 我国沙尘暴灾害特点及原因分析[J]. 干旱区资源与环境, 2008(2).
- [5] 王涛, 陈广庭, 钱正安. 中国北方沙尘暴现状及对策[J]. 中国沙漠, 2001(4).
- [6] 姜振华, 姜生伟, 姜镇荣. 沙尘暴浅析[J]. 防护林科技, 2007(5).
- [7] 周元春, 柳旭. 沙尘暴地球不可或缺的部分[J]. 中国国家地理. 2003, (4).
- [8] 王蔚, 沙尘暴面面观[J]. 中国国家地理. 2003, (4):44-52.
- [9] 张海霞, 尤凤春, 周伟灿. 强沙尘暴天气形成机制个例分析[J]. 气象科技. 2007(2).
- [10] 钱正安, 蔡英, 刘景涛. 中蒙地区沙尘暴研究的若干进展[J]. 地球物理学报. 2006(1).
- [11] 庞皓. 计量经济学[M]. 科学出版社, 2007(8).