

学校代码 10126

学号 W0843929

分类号 TP399

密级

工程硕士学位论文

阿拉善盟沙尘暴监测预报业务系统

研究生: 杨宗英

指导教师: 高光来、刘彦

学 院: 计算机学院

领 域: 计算机技术

2011年6月10日

原创性声明

本人声明：所呈交的学位论文是本人在导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。除本文已经注明引用的内容外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得内蒙古大学及其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：杨宗英

指导教师签名：马中

日期：2011.6.10

日期：2011.6.10

在学期间研究成果使用承诺书

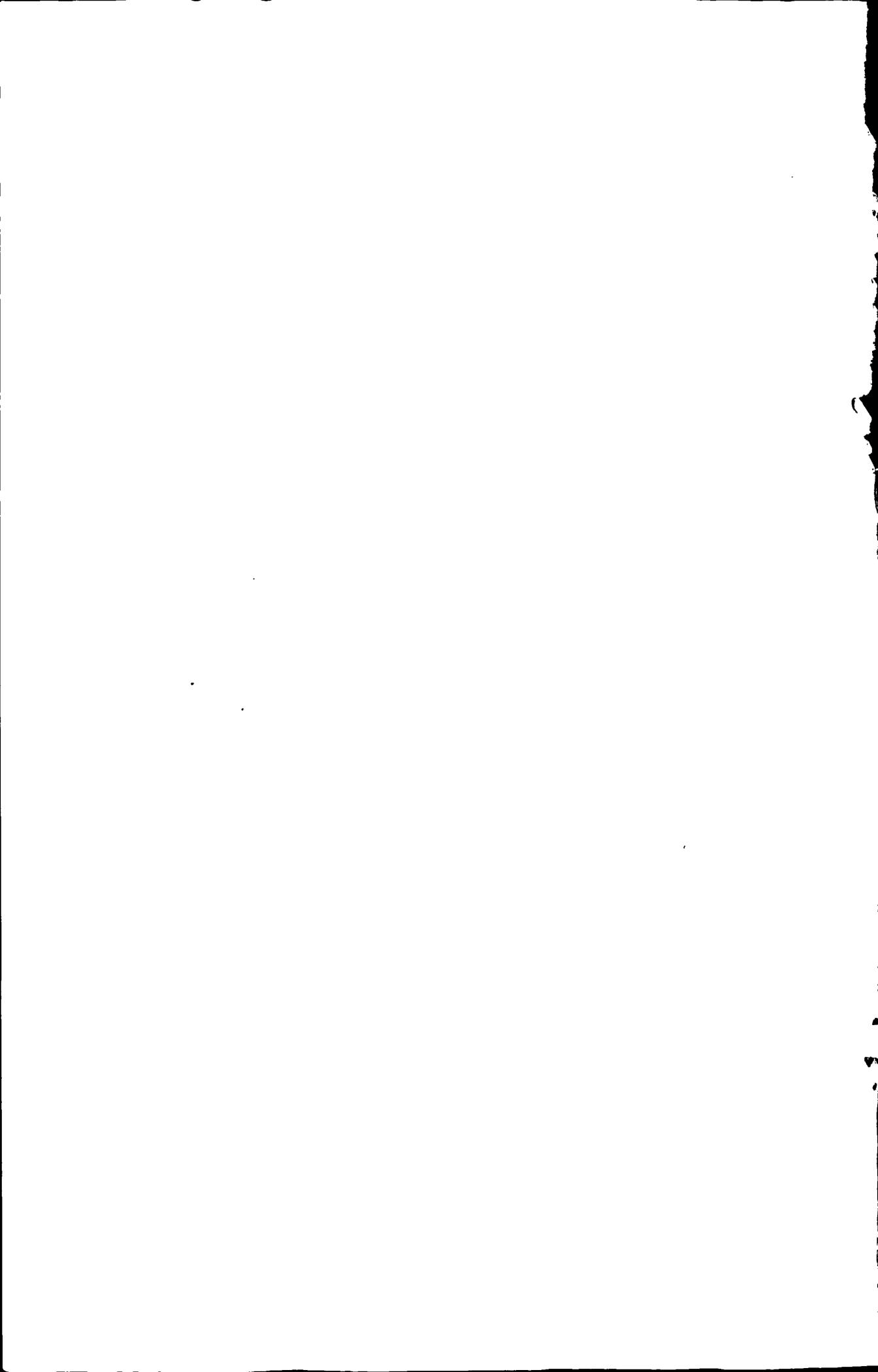
本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，即：内蒙古大学有权将学位论文的全部内容或部分保留并向国家有关机构、部门送交学位论文的复印件和磁盘，允许编入有关数据库进行检索，也可以采用影印、缩印或其他复制手段保存、汇编学位论文。为保护学院和导师的知识产权，作者在学期间取得的研究成果（含计算机软件、程序）属于内蒙古大学计算机学院。作者今后使用涉及在学期间主要研究内容或研究成果，须征得内蒙古大学计算机学院就读期间导师的同意；若用于发表论文，版权单位必须署名为内蒙古大学计算机学院方可投稿或公开发表。

学位论文作者签名：杨宗英

指导教师签名：马中

日期：2011.6.10

日期：2011.6.10





摘 要

沙尘暴是较严重的自然灾害之一，沙尘暴的频繁发生所造成的严重危害和损失，引起各级政府的高度关注。如何能够及时、准确地预报沙尘暴；如何提高阿拉善及临近地区对沙尘暴的预防能力，使沙尘暴造成的损失减少到最小程度，这是当前急需解决的问题。

阿拉善盟沙尘暴监测预报业务系统通过对本地区 1990-2007 年出现的 25 次全盟性沙尘暴进行全面、综合的分析和研究，主要分析沙尘暴的发生发展规律，找出了与阿拉善盟沙尘暴天气发生过程有密切相关的 16 个指标，采取分层、分时段推测、计算的方法，建立了两层沙尘暴预报规则，并建立了集“监测、预报、警报”为一体的自动化业务系统。沙尘暴监测预报业务系统是根据阿拉善盟地区沙尘暴发生规律所研发的系统，适用于阿拉善盟全盟地区的 9 个气象局站。通过试报和业务应用，并经过不断的修改和完善，该系统能够提前 6-24 小时预报出较强沙尘暴，取得了很好的预报预警效果，已成为阿盟沙尘暴预报预警的一个重要工具。

同时，为了便于业务人员了解、比较和掌握阿拉善沙尘暴的发生、发展和活动规律，还建立了阿拉善沙尘暴历史资料库、典型沙尘暴个例库等模块，从多方面丰富了该系统的内容，提高了该系统的使用价值。

该系统的研制成功，提高了阿盟对沙尘暴预报预警能力，为减少（轻）沙尘暴造成的危害，把沙尘暴造成的损失减少到最小程度，将发挥重要作用。

关键词：预报规则；沙尘暴；特征分析；预报系统

Monitoring and prediction for Alxa League sandstorm

Abstract

Sandstorm is one of the more serious natural disasters; frequent sandstorms caused serious harm and loss, caused of government to attention highly. Now, how can forecast sandstorm timely and accurately; How to improve to prevention ability for Alxa and neighborhood, make the loss minimize , this is what the current problems needed to resolve.

Sandstorm monitoring and prediction of Alxa League system through analysis and research data of sandstorm from 1990 to 2007 comprehensively and mainly analysis the development rule of sandstorm, find out of 16 index with closely related. The method Adopt stratification and point's time of Speculation and calculation, set up two sandstorms forecast rules, and established the automation system as one of the "monitoring and forecast and warning ". Sandstorm monitoring and prediction system is according to the development regularity of the sandstorm in ALxa League, applicable to system 9 meteorological stations in ALxa League. Through the test and application, and after revised and perfected continuously, this system can predict ahead of 6 to 24 hours sandstorm strongly, make very good effect to forecast warning, has become an important tool warning of sandstorm forecast in ALxa League.

Meanwhile, in order to facilitate business staff to know, comparative and grasp the occurrence and development sandstorm and mobile rule, has also established historical database of sandstorm data, a typical example of library, from the aspects enrich the content of the system, and improve the system value in using.

This system produced success , which greatly improved the ability of sandstorm forecast, for reducing the loss more minimize and harm caused by the sandstorm caused sandstorm, will play a very important role.

Keywords: Forecast rules; Sandstorm; Characteristic analysis; Forecast system

目 录

目 录.....	III
绪论.....	1
0.1 研究背景.....	1
0.2 研究意义.....	2
0.3 研究方法及内容.....	3
0.4 论文组织方式.....	3
第一章 沙尘暴监测预报业务系统分析.....	5
1.1 沙尘暴监测预报业务系统概述.....	5
1.1.1 沙尘暴概念.....	6
1.1.2 国内外沙尘暴研究进展.....	6
1.2 沙尘暴监测预报业务流程.....	8
1.2.1 沙尘暴数据来源.....	8
1.2.2 研究思路.....	8
1.2.3 系统功能.....	9
1.3 系统检验评估.....	10
本章小结.....	11
第二章 预报因子的选取.....	12
2.1 影响沙尘暴因子.....	12
2.1.1 相关分析.....	12
2.1.2 预报因子的选取.....	12
2.2 数据采集.....	15
2.3 数据库的建立.....	16
本章小结.....	17
第三章 沙尘暴预报规则的确立.....	19
3.1 短期预报模块(1) 北部及东部预报方程.....	19
3.1.1 北部沙尘暴 08 时预报方程.....	19
3.1.2 东部沙尘暴 08 时预报方程.....	20

3.1.3 北部沙尘暴 20 时预报方程.....	21
3.1.4 东部沙尘暴 20 时预报方程.....	22
3.2 短期预报模块 (2) -全盟预报方程	23
3.2.1 使用资料和沙尘暴出现标准.....	23
3.2.2 阿拉善盟沙尘暴预报指标 1.....	24
3.2.3 阿拉善沙尘暴预报指标 2.....	25
3.3 短时预警规则.....	26
第四章 沙尘暴监测预报业务系统建立.....	28
4.1 预报集成模块.....	28
4.1.1 短期预报.....	28
4.1.2 短时警报.....	31
4.2 实时监测.....	33
4.3 历史实况资料统计.....	34
4.4 典型个例库.....	38
4.5 其他:	41
本章小结	43
第五章 系统测试分析.....	44
5.1 系统运行环境.....	44
5.2 预报检验.....	44
本章小结	47
第六章 总结与展望.....	48
6.1 总结.....	48
6.2 展望.....	48

图目录

图 1.1 系统流程图	16
图 2.1 沙尘暴数据模型	23
图 2.2 20 点地面风速	24
图 4.1 系统结构	36
图 4.2 短期预报 1	37
图 4.3 短期预报 2	38
图 4.4 预报结论	39
图 4.5 短时警报	40
图 4.6 短时警报存储	40
图 4.7 实时监测	41
图 4.8 实时监测图	42
图 4.9 资料查询	43
图 4.10 数据存储	44
图 4.11 趋势图	45
图 4.12 数据备份和维护	46
图 4.13 图片库	47
图 4.14 遥感图	48
图 4.15 沙尘暴	49
图 4.16 历史上的今天	50
图 4.17 参考文献	50

表目录

表 2.1 站点信息	24
表 2.2 地面预报因子	24
表 2.3 高空预报因子	25
表 2.4 沙尘暴信息	25

绪论

0.1 研究背景

沙尘暴是自然环境与异常的大气运动共同作用的结果，是危害性极强的灾害性天气。沙尘暴能够引起一系列的问题，如沙漠化、大气污染、以及人类生命和财产的危害等等。人们很早就意识到沙尘暴的发生不仅仅是天气学的问题，更是关于国计民生的重大问题。同时，沙尘天气产生的上浮在对流层中的沙尘颗粒是大气气溶胶的重要来源，并在大气运动扩散过程中飘至很远地区，引起辐射的变化，并引起区域甚至全球的气候变化。可见，沙尘暴的危害是全方位的。

沙尘暴的发生与发展受气候变化的制约，同时与地表性质、土壤水分、植被覆盖率、气候变化异常、强冷空气变化等多因素紧密相关。从本质来讲，改善生态自然环境，增加植被覆盖率是减少发生沙尘暴次数及强度的重要的途径。我国尤其是西北部地区，自然环境非常恶劣，是我国沙尘暴发生的主要源地，频繁发生的沙尘暴已成为影响经济和社会发展的重大问题。沙尘暴是在一定的地理形势条件及下垫面条件下，由特定的大气环流和某种天气系统环境所诱发的一种概率小、危害大的灾害性天气，其产生的原因是非常复杂的。研究指出，沙尘暴发生与发展需要有三个条件：足够大的风力；大气层处于垂直不稳定的状态；地区内下垫面植被覆盖率低，土壤干燥疏松，存在丰富的沙源。

要从本质上改善西北地区的环境现状，需要人们长期不懈的努力。所以，长期以来，对沙尘暴进行不断的研究探索，进一步总结沙尘暴发生发展规律，特别是对一些地区的沙尘暴进行监测预报，不仅能够防灾减灾，而且具有很高的科学研究价值。

近年来，随着观测方式和研究分析方法的进一步提高，我国在沙尘暴的研究方面已经取得了很大进步。2000年春季，沙尘暴的发生出现了自从20世纪90年代后的又一次高峰，立刻引起了政府和人们更深入的关注，因此也带来了沙尘暴研究的一个新的高潮，一批重要的沙尘暴研究成果迅速涌现出来。与以前研究不同的是，这些研究成果涉及的领域更加广泛，几乎包括地球科学所有领域以及社会、人文、经济等学科，研究方式更加先进，资料分析更加翔实，对事实研究的观点更为客观和准确。

在这样丰富的沙尘暴研究信息中，提炼沙尘暴研究的特点和最新进展情况，分析其中具代表性的研究动态；尤其是，从中发现需要进一步研究、并有不足的重要问题，对于深入认识沙尘暴、开展沙尘暴的研究以及提高沙尘暴的研究方法是十分有益的。

我国的沙尘暴主要集中在北部地区，内蒙是我国沙尘暴的多发区，也是我国北方主要沙尘源之一，而作为内蒙上游的阿盟就显得尤为重要。沙尘暴预报是阿盟气象局天气预报工作中的一项重要内容，这不仅由于沙尘暴对当地工农业生产、人民生活、环境和生态等方面的重要影响，也是由于发生于及在阿盟地区得到加强的沙尘暴往往对下游地区产生较大的影响。

因此，本文基于对沙尘暴进展和动态的掌握和分析，根据阿拉善盟气象局工作要求，提出了沙尘暴监测预报研究方面需要加强并值得关注，因此制作了本地区的沙尘暴监测预报业务系统，并从中凝练出本论文。

0.2 研究意义

沙尘暴不仅给人类的生命财产安全造成威胁，而且会对生态环境和气候变化有着极其重要的影响。一直以来，沙尘暴天气所带来的环境和气候效应成为一个全球性的科学问题。“首届全国沙尘暴天气研讨会”于1993年9月在兰州召开，此次研讨会有力地促进了沙尘暴天气的研究深入和广泛的开展。2004年9月12-16日在北京召开了“国际沙尘暴学术研讨会”，来自中国、日本、韩国、美国、埃及等国家的100多名代表出席了会议，并且通过了北京宣言“沙尘暴国际研讨会”，同时发起并组织了“国际沙尘暴研究计划”。

阿拉善盟位于内蒙古西部，总面积达 27 万平方公里，三大沙漠巴丹吉林、腾格里和乌兰布和横贯全盟，戈壁、沙漠、山地等面积约占 80%。全年气候干燥，土质荒漠化，植被覆盖率低，是内蒙古沙尘暴主要发源地。近些年来，地表荒漠化日趋严重，生态环境更加恶化，沙尘暴天气越来越频繁。发生在阿拉善盟的沙尘暴天气，对本地区及临近省区、盟市的经济建设和社会发展造成十分严重的危害和损失，严重摧残和破坏了阿拉善及近邻地区生态环境。据统计：70 年代以前，阿拉善沙尘暴平均每年不足 0.5 天，且强度都较弱，危害较小；90 年代以后，沙尘暴发生频率明显加强，强度逐渐加大，危害越来越严重，因此研究本地区沙尘暴天气的意义十分重要。中国北方地区地表植被状况没有得到根本好转以及在全球变暖的情况下，沙尘暴天气仍会频繁出现。因而，针对阿拉善盟沙尘暴天气的特点，研究沙尘暴的发生发展规律，为沙尘暴防治、生态环境保护和建设提供科学依据有着重要的作用。

本系统研究的意义主要通过对当前环境的监测预报，提前预测沙尘暴，并通过气象服务向当地民众发出预警信号，使民众能够提前做好沙尘暴防御工作。

0.3 研究方法及内容

本系统主要利用气象卫星下发的气象观测数据, 选用 1990—2007 年以来阿拉善盟地区的沙尘暴天气数据作为研究对象, 分析阿拉善盟沙尘暴灾害的时空分布规律, 研究沙尘暴成因共同特征, 提取与沙尘暴密切相关的预报因子, 通过建立预报规则, 研制开发阿拉善盟沙尘暴监测预报业务系统。

本文通过对大量历史资料进行分析、处理, 构建以沙尘暴天气为主的数据库, 建立以气象数据的特征以及气象数据之间关系为基础的沙尘暴预报模式, 具体研究内容如下:

- (1) 研究气象数据特点的预处理方法, 包括数据存储和数据清理等, 对每个因子定出属性代价值, 得到对沙尘暴的产生影响最大的因子作为预报因子。
- (2) 研究并建立以沙尘暴天气预报为主的数据仓库的方法和技术。
- (3) 采取分层、分时段推测、计算的方法, 研究并建立沙尘暴天气预报模式, 建立预报规则。
- (4) 建立集成预报, 天气预警等预报模式。
- (5) 对集成预报预测的结果进行分析、解释和评估。

本系统实现了阿拉善盟地区的沙尘暴监测预报, 分为预报集成, 包括短期预报和短时预警, 实时监测, 包括地面实时监测, 历史实况资料统计、典型个例库, 包括典型个例天气形式分析、遥感监测图、个例实况照片等。本系统能够迅速处理数据服务器中的天气实况资料, 并且对处理的资料进行分析, 得出相应的结论。

同时, 为了便于业务人员了解、比较和掌握阿拉善沙尘暴的发生、发展和活动规律, 还建立了阿拉善沙尘暴历史资料库、典型沙尘暴个例库、沙尘暴预防对策等模块, 从多方面丰富了该系统的内容, 提高了该系统的使用价值。

0.4 论文组织方式

本文论的组织方式如下:

第一章 沙尘暴监测预报业务系统分析

第二章 沙尘暴预报因子的选取

第三章 沙尘暴预报指标的确立

第四章 沙尘暴监测预报业务系统建立

第五章 实验结果及分析

第六章 总结与展望

第一章 沙尘暴监测预报业务系统分析

1.1 沙尘暴监测预报业务系统概述

沙尘暴天气能够给人类生存环境带来危害并对经济、社会活动带来严重影响，人类更加清楚地认识到沙尘暴天气是不能忽视的大气和生态环境问题。同时重视对沙尘暴天气的研究，沙尘暴预测水平的提高，减少沙尘暴天气的灾害程度是重要而迫切的工作。对沙尘暴进行预报、警报是艰巨的工作，要准确预测出能够产生沙尘暴的天气和气候背景，并对能否起沙、沙尘浓度和范围以及沙尘传输路径进行预测。现在对沙尘暴的预报为定性描述为主的预报，对沙尘暴进行预报的先进模式客观定量预报处于试验阶段。因此对大量的典型沙尘暴个例进行综合分析研究，找出沙尘暴发生发展的共性和个性，能够为不断提高沙尘暴预报准确率提供科学依据。

经过研究表明，产生强沙尘暴天气要符合三个基本物理条件和一个自然环境条件：有强冷空气影响；天气系统引导气流南下；锋区附近的存在中小尺度系统或高空下击暴流发生的低层能量聚积能够引发；地表土质疏松、干燥、覆盖率低。

阿拉善沙尘暴具有很强的季节性，全年主要集中在3-5月份，其中4月份出现最为频繁，拐子湖和诺尔公气象站是阿盟出现沙尘暴天气的两大中心，阿盟强沙尘暴天气发生及预报的关键时期是4月下旬和5月上旬。

沙尘暴预测的核心问题是采用什么方法进行预测，过去人们使用的以概率论为基础的统计学预测方法是以观测资料为出发点，用统计方法去描述和认知现象之间的联系，从而建立预测方程进行外延预测。然而，统计学方法在预测实践中被发现存在一些问题，如：对远离气候平均状态的极端气候事件预测的预测有可能是靠不住的。近些年，多被人们使用的以数值模拟为代表的动力学方法具有严格的物理背景，从理论上揭示了隐含在气候现象中的物理规律。但是，尽管现在的数值模式可以成功地模拟大气的某些大尺度特征，那只是在对许多不清楚的参数进行人为调整后得到的最佳模拟效果，而在诸多的气候模拟中，很少有人提及这些参数的任意性对模拟效果的影响。人们已经开始认识到用耦合环流模式做气候预报也存在不少问题。对于一个极其复杂的气候系统，预报问题是否仅仅就是一个初值问题值得怀疑。因此，面对具有多变量、非线性、随时间变化的复杂的气候大系统，要想描述复杂天气现象和气候系统的任何现实的物理状态，事实上是办不到的。虽然目前国内外在沙尘暴研究领域的多个方面已有了大量的研究成果，

但是, 涉及沙尘暴气候预测方法的研究却不多见。

1.1.1 沙尘暴概念

沙尘暴是沙暴和尘暴两者兼有的总称, 是指强风把地面大量沙尘卷入空中, 使空气特别浑浊的天气现象。《沙尘暴天气监测规范》中将浮沉、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴、特强沙尘暴统称为沙尘暴天气, 具体定义如下:

- (1) 浮沉: 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, 使空气相当浑浊, 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, 使空气很浑浊, 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, 使空气非常浑浊, 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, 使空气特别浑浊, 水平能见度小于 50m 的天气现象。^[1]

1.1.2 国内外沙尘暴研究进展

我国70年代才开始对沙尘暴个例进行研究, 相对其他国家来说在沙尘天气研究方面起步较晚。徐国昌等^[2]1977年4月22日张掖地区的西风型强沙尘暴天气进行了分析, 并提出了黑风预报的着眼点。80年代, 高风荣和李云^[3]对河西地区东风气流中产生的沙尘暴个例作了研究, 得出一些有别于西风型沙尘暴天气过程的分析结果; 90年代, 陈敏连等^[4]、刘树华等^[5]、王式功等^[6]、徐建芬等^[7]、钱正安等^[8]先后对西北地区沙尘暴天气个例作了深入探讨, 这些研究结果普遍强调了中尺度天气系统在沙尘暴形成中的重要作用, 指出沙尘暴是在特定的地理环境和下垫面条件下, 由特定的大尺度环流背景和天气系统所诱发的灾害性天气。

曾庆存等^[9]从利用气象卫星的遥感资料, 将遥感资料与地面站网观测资料相结合的角度; 从有关地理信息系统建立和应用的角度; 从有关天气系统、土壤、风蚀和扬沙及传输的动力机理分析的角度; 从沙尘天气和土壤湿度的数值天气预报和短期气候预测等方面, 对沙尘暴的监测、形成机理和预警预报方法以及防御等方面进行比较深入的分析

研究,在此基础上,集成为可供日常业务使用的监测和预测系统。方宗义等^[10]利用气象卫星上的可见光、短波红外和红外窗区的辐射测值对沙尘暴的监测进行了研究。郑新江等^[11]介绍了利用气象卫星多通道信息监测沙尘暴的原理和方法。长期的气候背景也是影响沙尘暴的重要因子。

近年来,我国学者从气候特征方面对沙尘暴作了诸多研究。钱正安等^[12]利用1952-2000年间中国西北及华北的强及特强沙尘暴资料进行了分析,得出中国北方的沙尘暴源区主要分布在河西走廊和阿拉善高原、南疆盆地南缘以及内蒙古中部三地区:其中频数在10次以上的强或特强沙尘暴中心有3个,分别位于上述三个区域,即以民勤为中心(达43次)的河西走廊及内蒙古阿拉善高原区,以和田为中心(42次)的南疆盆地南缘区和以朱日和为中心(10次)的内蒙古中部区。

沙尘暴的数值模拟研究一直是众多学者的研究方向。90年代至今,数值模式已经成为研究沙尘暴的一种重要手段。王伟等^[13]用沙尘暴天气数值预报系统对中国的沙尘暴天气进行了数值预报试验,成功地模拟了沙尘暴的发生和传输。胡泽勇等^[14]研究了沙尘暴过境时的气象要素变化特征,指出沙尘暴过境前温度很高,气压很低,天气晴好,风速很小,而过境时风速加大,气压急剧上升,温度下降。王式功等^[15]对沙尘暴形成的宏观天气气候条件以及主要的环流形势和影响系统进行了概括,认为强沙尘暴的发生、发展是在特定的地形条件、沙尘源条件和各种不同尺度天气条件下共同作用的结果;孙军等^[16]运用天气学原理和数值预报方法相结合对沙尘暴进行了预报。李耀辉等^[17]采用中国气象局兰州干旱气象研究所和中国气象科学研究院数值预报研究中心合作的科研成果GRAPES—SDM.耦合于GRAPES的沙尘暴模式系统,对2005年发生在西北地区的两次强沙尘暴进行了模拟分析研究,结果表明,该模式系统对西北地区沙尘暴天气的起沙、传输有较好的模拟和预报能力。

国外早在上世纪20年代就开始对沙尘暴进行了比较系统的研究。Hankin^[18]引首先对印度的“Anghi”型沙尘暴的上升和下沉气流进行了分析。之后sutton^[19]对“Haboob”型沙尘暴进行了分析。Idso^[20]报道了美国亚利桑那州西南部强沙尘暴的特征。80年代初,Joseph等^[21]对沙尘暴与雷暴中湿度场的差异作了研究。80年代中期,wolfson and Matson^[22]对“Phantom”型沙尘暴的特征进行了分析研究;Brazeln^[23]则进一步总结了亚利桑那州沙尘暴的天气类型:锋面型、雷暴(对流)型、热带风暴型、高空切断低压型。Monaughtont^[24]的研究则强调了中尺度低压或飚线与沙尘暴天气有紧密的联系。80年代

后期, Jauregui^[26]对墨西哥城沙尘暴的时空分布也进行了系统研究, 并指出3月份沙尘暴出现频率最大。90年代初, ittmann^[26]分析了亚洲沙尘暴的发生频率。

1.2 沙尘暴监测预报业务流程

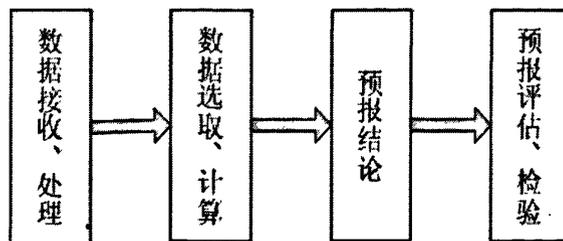


图 1.1 系统流程图

Fig.1-1 systems flowchart

1.2.1 沙尘暴数据来源

内蒙古有 109 个气象站, 其中阿拉善盟有 9 个, 气象站业务主要包括地面、高空、辐射和生态等业务。根据具体业务要求气象观测站每天进行八次观测, 内容包括风、云、雨、温度等要素, 观测站将观测的结果及时地上报, 最后由中央气象台统一处理后再上报到世界数据中心。随后, 世界数据中心再把资料逐级下发, 供全国气象工作人员使用。各省市通过 CMACast (中国气象局卫星广播系统) 接收气象各类数据, 包括各种常规气象资料、卫星、雷达、高空、地面天气图以及各类灾情资料, 由 MICAPS (气象信息综合分析处理系统) 系统进行处理。

沙尘暴监测预报业务系统需要多种数据, 数据范围包括:

1、CMACast系统接收的气象各类数据, 包括各种常规气象资料、高空、地面天气图, 主要预报因子对沙尘暴进行预报, 如气温、气压、能见度等。

2、阿拉善盟气象局9个气象站的月报表和年报表, 主要对历史多年沙尘暴数据进行分析, 并选取与沙尘暴相关的气象因子; 历史沙尘暴出现时间、站点等录入历史数据库。

3、阿拉善盟气象局9个气象站的实时天气报文, 通过天气报文对沙尘暴进行实时监测。

1.2.2 研究思路

本系统主要通过对本地区 1990—2007 年以来阿拉善盟地区的多次沙尘暴天气数据作为研究对象, 进行全面、综合的分析和研究, 主要分析阿拉善盟沙尘暴灾害的时空分

布规律，研究沙尘暴成因共同特征，对产生沙尘暴的每个因子定出属性代价值，得到对沙尘暴的产生影响最大的因子作为预报因子。

对沙尘暴因子采取数理统计的方法，研究并建立沙尘暴天气预报模式，建立了两层沙尘暴预报规则，研制开发集“监测、预报、警报”为一体的自动化阿拉善盟沙尘暴监测预报业务系统。

研究思路如下：

(1) 分析沙尘暴成因，对每个因子定出属性代价值，选取对沙尘暴的产生影响最大的因子作为预报因子。

(2) 采取分层、分时段推测、计算的方法，建立预报规则。

(3) 建立集成预报，天气预警等预报模式，制作沙尘暴监测预报业务系统。

1.2.3 系统功能

沙尘暴监测预报系统是监测和预报集一体的服务系统，可以实现全自动及半自动（人机交互）预报方式。

系统功能包括：预报集成（包括短期预报和短时预警）、实时监测（包括地面实时监测和遥感监测）、历史实况资料统计、典型个例库（个例天气形势分析、遥感检测图和个例实况照片）等。

(1) 本系统的短时预报功能：

预报工具一：以全自动的方式对我盟北部做出沙尘暴预报结论。系统根据 Micaps 数据资料根据东部及北部预报规则自动计算，根据计算结果是否符合沙尘暴预报标准。

预报工具二：根据地面气象资料数据，以人机交互的方式对阿盟大部地区做出沙尘暴预报结论。系统根据 Micaps 资料经过计算后，并以人工对部分数据的分析，进行人机交互，最后系统再根据全盟预报规则得出预报结论。

(2) 本系统的短时预警功能：

系统以全自动的方式，随时调用最近时次的地面图，根据阿盟地区上游天气形势，通过查看河西走廊及阿盟范围内是否出现沙尘暴，相应的做出未来 6 小时阿盟是否会出现沙尘暴及出现范围的警报。对河西走廊和阿盟境内已经发生沙尘暴的地区做出提示，

并在地图中显示发生沙尘暴的时间、风向、风速等。

(3) 本系统的实时监测功能:

为了及时得到阿盟地区沙尘暴预警资料,该模块对数据接收报文的计算机中的沙尘暴报文定时译码,包括沙尘暴的开始、结束时间、能见度、风向、风速及沙尘暴方位等,并将主要的译码资料以图片的形式显现出来。该模块运用了大量的自定义函数,并且利用 API 函数重写了 PING 命令,网络容错功能较强。

(4) 本系统的历史资料统计功能:

实现数据库原始表的创建、删除、编辑以及查询,能够显示任意时段沙尘暴历史曲线图及柱状图。

(5) 本系统的典型个例库功能:

个例天气形势分析:例举了个例过程的天气图。出现沙尘暴天气时,将天气图通过拷屏的方式保存为 jpg 文件。

遥感检测图:沙尘暴遥感图片。

沙尘暴天气图片:典型沙尘暴天气图片,实时拍摄的实况照片。

(6) 其他:

历史上的今天:可以通过历史数据库自动搜索的方式,在历史上的今天出现沙尘暴的站点及发生的时间,如气象站没有发生沙尘暴则提示“今日无沙尘暴记录”。

参考文献:在参考文献中收集了多篇近年来有关沙尘暴研究的学术论文,为预报员总结经验、提高预报能力及对沙尘暴研究方便提供参考。

1.3 系统检验评估

沙尘暴监测预报业务系统制作完成,对2008-2010年3年内发生的全盟性沙尘暴发生情况进行检验。利用沙尘暴监测预报系统对近3年的数据进行检验,与发生过的全盟性沙尘暴进行对比分析,如果系统预报沙尘暴并实际已经出现沙尘暴则预报正确,如果系统对沙尘暴不进行预报而实际出现沙尘暴则为漏报,如果系统对沙尘暴进行了预报,而实际没有出现沙尘暴则为空报。

本章小结

本章介绍了沙尘暴监测预报业务系统功能概述，沙尘暴概念分类，国内外沙尘暴研究的进展情况，及本系统使用数据来源，主要对本系统的研究思路和系统功能作了详细说明。

第二章 预报因子的选取

2.1 影响沙尘暴因子

要得到有效地预报方法，怎样选择预报因子是关键。预报因子的选择，要以气象预报的经验和有关预报量的天气学知识作为基础，从大量气象资料中选取最有效地预报因子。

2.1.1 相关分析

天气是指在某地区各种气象要素在一定时期内的综合体现，它既表示了瞬时间和一定空间内的大气状态，也表示了大气状态在一定时间间隔内的连续变化。常用的气象要素有温度、气压、风速、湿度、能见度等。衡量下垫面植被状况的重要参数是植被覆盖度，地表土壤水分的主要来源是降水，而且都对沙尘暴发生、发展、强弱变化的下垫面参数很重要。同沙尘暴产生的动力因子相对应，阻碍沙尘暴产生的重要因素是降水量和地表植被覆盖程度，因此，沙尘暴产生和搬运的阻力因子是地表植被覆盖和降水量。

沙尘暴主要发生在春季，秋季较少。在我国北部地区由于气候影响，春季受极峰控制，有利于动量下传，从而形成大风天气。冷空气比较活跃，大风日数较多，气温回升，地表植被少，特别是在内蒙西部地区，荒漠较多，容易形成沙尘暴天气。沙尘暴的日变化主要发生在午后至傍晚，夜间至午前较少，这与近地层空气热力稳定性有关。午后大气层结的不稳定，有利于对流空气的产生。

预报因子的选取以预报天气学知识和气象员预报经验为基础，从大量气象数据中选取最有效地预报因子。在选取预报因子时，对多个气象站的气象要素同时进行分析。选取地面、高空的主要要素形成因子库，建立数据仓库。选取的预报因子过多会使系统速度过慢，选取的预报因子过少就会使预报不准确；理论的选择预报因子，才能克服预报经验选取因子的主观性，又能克服仅靠简单相关选择预报因子的机械性。

2.1.2 预报因子的选取

本系统对阿拉善盟地区生成或发展的1990年—2007年3-5月的沙尘暴天气过程进行系统、综合的分析研究。充分利用目前实时资料库中现有资料通过判断有无偏北急流引导冷空气在新疆堆积，推算暴发南下的时间。以08时和20时的资料为主，通过各指标站的风向、风速差、温度差、高度差等来判断有无出现沙尘暴的出现来选取了沙尘暴排空

判别条件,然后在满足排空判别条件的样本中通过相关分析、数理统计等方法分别寻找预报指标,分层、分时段推理、计算的方法,对阿盟沙尘暴进行分析和预报。

以08时和20时的地面资料为主,对天气形势进行分析,对出现沙尘暴和未出现沙尘暴的两种天气特征值进行比较,不够条件的不予考虑,找出符合沙尘暴出现时的特征值,并对多年沙尘暴天气进行比较,通过综合分析,得出与沙尘暴相关的气象因子。

气象因子与沙尘暴相关分析:

(1) 大风。风速的大小与沙尘暴的发生强度呈正相关关系。风速越大,地表的砂砾、尘埃被吹到空中,造成能见度越低。风向与沙尘暴发展方向相关,通过对风向的分析了解沙尘暴发展的方向趋势。沙尘暴天气发生、发展到结束,风有较明显的变化,在风向改变时风速减弱,风向改变后风速加大,直到沙尘暴发展过程中的强风天气,使地面大量沙尘被卷入大气中。

阿盟地区有9个气象站,气象站沙尘暴在春季与大风相关(通过了0.05的显著性水平检验),拐子湖气象站为显著相关,通过了0.01的显著性水平检验。全盟9个气象站沙尘暴与大风相关,为显著相关。

(2) 温度。气候变化是沙尘暴发生频率及强度的因素,地表降水和温度的变化是气候变化突出的体现。气候呈一定的规律变化,沙尘暴的发生也呈现出周期性的变化。沙尘暴在冷且干燥的气候时期发生频率最高,在气候暖并且湿润期间,沙尘暴发生频率相对较低。由于在春季气温增加很快,加大了地表的蒸发,使得土壤水分不断减少,在冬春季节风力达到一定条件,就很容易形成沙尘暴天气。同时,在春季气温回升明显,并且气温回升的速度很快,气温快速回升导致了大气下层受热比较强烈,使空气出现不稳定状态,这样对流作用的很快加强,有助于加大风速并且产生上升气流,为沙尘暴天气活动提供了有利条件。

沙尘暴发展过程中,大风将地面的沙尘卷入大气中,而且由于空中温度变化较大,大气有很强的上升运动趋势,这样有利于将大量沙尘带入空中,把沙尘带入下游地区。

(3) 气压。在发生沙尘暴前地面湿度比较小,地面气压较低,但在沙尘暴即将发生时地面气压会迅速增高,在沙尘暴过程中,气压会保持相对的稳定状态,在沙尘暴将要结束时气压值会再次增大。系统主要根据天气形势变化情况,选取冷中心气压值作为预报因子。

(4) 高空温差

衡量大气层结稳定程度的物理量是稳定度,沙尘暴发生的必要条件是大气层结不稳定,经过分析500hpa与700hpa的位温差,是描述大气层结潜在不稳定的物理量。位温差小于零表示大气层结存在潜在的不稳定,经过对强沙尘暴天气系统发生的当天及前两天08时500hpa与700hpa的假相当位温差进行了诊断分析。结果发现沙尘暴发生的前两天假相当位温差多数为正值,表示沙尘暴天气系统形成的前期多是稳定状态,但沙尘暴发生的当天08时相应区域的假相当位温差多数是负值区。表示大气层结在当天早上就已经存在不稳定因素,因此当遇到触发机制便会形成强烈的对流,为即将暴发的沙尘暴创造了条件。沙尘暴发生前的早期大气层结处于稳定状态,对能量的积累很有利,不容易零星释放能量。

经过以上分析可知:在某地区上游有符合发生沙尘暴的天气系统向本地区移动时,而系统在移动到本地区前两天系统是稳定状态,在天气系统移到本地区当天早上08时系统变成了大气层结潜在不稳定结构,并伴随有发生沙尘暴的适宜条件,这时就要考虑当天有发生沙尘暴的可能。

沙尘暴过程的动力条件是大风,同时由于温度的变化导致热力不稳定,春季温度升高容易使气流上升,因此,沙尘暴产生的动力因子主要为风速和温度差,气压、高度等因子也与沙尘暴的发生发展密切相关。

利用9个气象站1990-2007年出现的全盟性沙尘暴记录,做相关分析,经过分析相关因子系数中有16个通过了显著性检验,各因子表示为:P0:地面冷中心气压值,P3:地面3小时变压,VV:地面风速,VV-P-5:500高空风向,VV-P-7:700高空风向,VV-5:500高空风速,VV-7:700高空风速,H-5:500高度值,H-7:700高度值,T-5:500温度,T-7:700温度,DH-5:500高空24小时变高,DH-7:700高空24小时变高,DT-5:500高空24小时变温,DT-7:700高空24小时变温,P:高空冷中心气压值。

以上说明发生沙尘暴的天气现象与这些因子有很大的相关性,形成沙尘暴天气的因素很多,本文对沙尘暴主导因子进行分析,主要对具有季节变化特征的信息进行选取,如温度差、高度差、风速等。沙尘暴的产生有天气形势的动力影响和下垫面植被的阻力影响,但是由于阿拉善盟地区常年干旱少雨,地表植被稀疏,尽管阿盟地区地表的地形地貌、土壤质地等地理环境因素对于沙尘暴天气过程有很大的影响,但在长时期内地理环境变化不会太大,所以没有考虑作为主导因子分析,只考虑天气形势的变化。

2.2 数据采集

对天气进行预报必须有初始场资料，根据初始场资料及预报经验相结合来预报天气，通过分析各种资料，以及考虑到资料的完备性和适用性，选取了 MICAPS 系统资料，因为目前气象预报工作主要是 MICAPS 系统资料，比较完整并易于处理。中国气象局通过气象卫星实时下发各种气象数据资料，全国各省市用专用服务器接收，对其处理后进行业务运用。阿盟所用的地面资料每天 8 次接收，高空资料每天 2 次接收，MICAPS 服务器对其进行处理后，本系统采集相关的数据并保存至数据库。；

大量的气象数据，数据仓库的特性能够很好地满足天气预报和天气预报服务的需求。

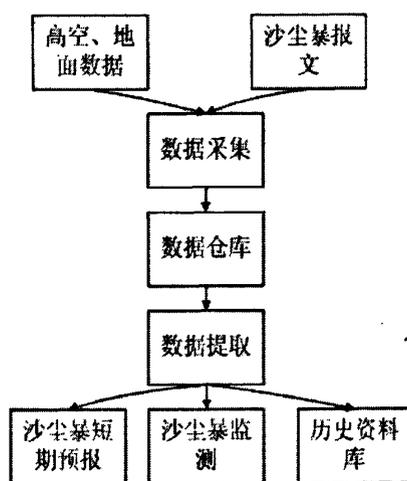


图2-1 沙尘暴数据模型

Fig.2-1 sandstorm model of data

通过数据仓库可以提取任意自己想要提取的资料，可以再现可记载时间内的天气演变，提供给用户想用到的变量和分析结果。

得到的初始气象数据是后缀为ABJ的文件类型，通过Micaps处理后转化为YYMMDDHH.000（由年月日时为文件名的气象数据格式）的文件类型，数据内容包括站点、经纬度、海拔高度及风速，格式如图所示。

diamond 3 11年01月20日20时地面全风速				
11 01 20 20 9999				
50639	122.73	48.00	308	0
50514	117.43	49.56	662	9
53446	109.85	40.66	1069	1
53502	105.75	39.78	1033	1
53336	108.52	41.57	1290	3
53362	111.68	41.53	1492	0
50834	121.23	46.61	500	4

图2-2 20点地面风速

Fig.2-2 surface wind to twenty

为了得到所需气象要素值，气象数据的格式是一定的，需要从文件中提取阿盟各台站的各个因子值，写入数据库。

2.3 数据库的建立

根据各因子建立相关数据库，数据库表定义如下：

T-stations 站点信息表，包括建站时间、站名、站号等信息，如表 2-2 所示。

表2-1 站点信息

Tab.2-1 information of stations

字段名	*备注(解释字段名)	数据类型	空值	主键
station	区站号	char (5)	N	P
name	站名	char (6)	N	
latitude	纬度	char (7)	N	
longitude	经度	char (8)	N	
s-high	海拔高度	int	N	
date	建站时间	date	N	

按地面、高空数据分别建立气象因子表，包括站号、时间以及预报因子要素值，随着时间的变化存入数据。建立 T-surface 地面预报因子表、T-high 高空预报因子表。

地面数据为每天 8 次下发的 Micaps 数据，系统根据需要提取相关预报因子并存入数据库，数据库表如表 2-2。

表 2-2 地面预报因子

Tab.2-1 Ground factor

字段名	*备注(解释字段名)	数据类型	是否为空	主键
time	时间	char (8)	N	P
station	站点	char (5)	N	P
P0	地面冷中心气压值	int (5)	Y	
P3	地面3小时变压	int (3)	Y	
VV	地面风速	int (3)	Y	

高空数据为每天 2 次下发的 Micaps 数据，系统根据需要提取相关预报因子并存入数据库，数据库表如表 2-3。

表 2-3 高空预报因子

Tab.2-3 altitude factor

字段名	*备注(解释字段名)	数据类型	是否为空	主键
time	时间	char (8)	N	P
station	站点	char (5)	N	P
VV-P-5	500高空风向	int (3)	Y	
VV-P-7	700高空风向	int (3)	Y	
VV-5	500高空风速	int (3)	Y	
VV-7	700高空风速	int (3)	Y	
H-5	500高度值	int (3)	Y	
H-7	700高度值	int (3)	Y	
T-5	500温度	int (4)	Y	
T-7	700温度	int (4)	Y	
DH-5	500高空24小时变高	int (4)	Y	
DH-7	700高空24小时变高	int (4)	Y	
DT-5	500高空24小时变温	int (4)	Y	
DT-7	700高空24小时变温	int (4)	Y	
P	高空冷中心气压值	int (5)	Y	

T-scb 沙尘暴信息表，包括区站号、年月日、时段等，如表 2-2。

表 2-4 沙尘暴信息

Tab.2-4 information of Sandstorm

站号	年	月	日	时段
52267	2008	1	29	13:28-15:22
52378	2008	2	22	14:52-18:05
52378	2008	2	29	9:27-20:46
52378	2008	3	5	10:33-17:29
52378	2008	3	31	15:04-10:10
52378	2008	5	1	16:21-17:15
52378	2008	5	2	16:59-19:18
52378	2008	6	10	17:02-17:24

本章小结

本章主要经过对多年沙尘暴资料的分析，得出了与沙尘暴密切相关的预报因子，并建立了预报因子及历史资料存储数据库。

第三章 沙尘暴预报规则的确立

天气系统的移动速度不仅反映系统的强度变化,也能很好地反映风速的大小。通过对1990年-2007年阿拉善盟沙尘暴个例诊断分析,得出了发生沙尘暴各诊断量的特征值。为了更好地预报沙尘暴,减少漏报和提高本系统的预报准确率,我们将阿盟地区出现的沙尘暴按区域划分为东部地区、北部地区和全盟范围三部分,以08时和20时的资料为主,采取了逐步排空法对天气形势及各物理量场逐一进行分析,然后在满足排空判别条件的样本中通过相关分析、数理统计等方法,寻找出密切相关的预报因子,采用0.1权重系数法分别建立各区域统计预报方程,为沙尘暴预报提供依据,这样便于在日常的预报中应用。找出发生沙尘暴的预报指标步骤如下:

3.1 短期预报模块 (1) 北部及东部预报方程

天气预报的方法有多种,常用的预报方法有两种。一种是传统的天气学方法,将气象数据绘制在气象工具图上,称为天气图。预报员可以通过对天气图上的各种气象要素进行分析,了解天气系统的演变情况,最后制作天气预报。另一种是数值预报方法,根据大气的运动定律及数学表达式,将大气运动状态写成方程,由计算机运算得到大气未来演变状况。

本文通过对 25 次沙尘暴个例进行分析,我们找出了与阿拉善沙尘暴天气过程有密切关系的 16 个指标。采取分层、分时段推理、计算的方法,建立了两层沙尘暴预报规则。

3.1.1 北部沙尘暴08时预报方程

(1) 判别条件

- 1、500hpa08 时前一天风速差为 23933-52495 差值在-11 M/S 到 19M/S
- 2、500hpa08 时前一天 51288 风向在 200—320 度
- 3、500hpa08 时前一天风速差为 52203-52267 差值在-8 M/S 到 11 M/S
- 4、700hpa08 时前一天风速差为 23933-52495 差值在-8M/S 到 23 M/S
- 5、700hpa08 时前一天风速差为 52203-52495 差值在 0 到-9M/S

以上 5 个条件同时满足时起报

(2)、因子的编码:

X1: 500hpa08 时前一天风速差 51076—52495 在-3 到 23M/S 编 1、否则编 0

X2: 500hpa08 时前一天 H23933—H51463 在 20 位势米 $\geq \Delta H \geq -320$ 位势米编 1、否则编 0

X3: 500hpa08 时前一天 H23933—H52267 在-30 位势米 $\geq \Delta H \geq -390$ 位势米编 1、否则编 0

X4: 500hpa08 时前一天在 T23933—T51076 12 度 $\geq \Delta T \geq -5$ 度编 1、否则编 0

X5: 700hpa08 时前一天 H51288—H52495 在 7 位势米 $\geq \Delta H \geq -58$ 位势米编 1、否则编 0

X6: 700hpa08 时前一天 T23933—T52267 在 2 度 $\geq \Delta T \geq -23$ 度编 1、否则编 0

X7: 700hpa08 时前一天 T23933—T52495 在 6 度 $\geq \Delta T \geq -23$ 度编 1、否则编 0

(3) 预报方程的建立:

选用 0.1 权重系数法进行统计分析得北部预报:

$$Y=0.14X_1+0.14X_2+0.11X_3+0.10X_4+0.16X_5+0.23X_6+0.11X_7$$

将各因子编码分别代入预报方程求出临界值 $YC \geq 0.74$ ，在 35 个样本中，历史概括率为 90%。

3.1.2 东部沙尘暴08时预报方程

(1) 判别条件

1、500hpa08 时前一天风速差为 23933—52495 差值在-11 到 19 M/S

2、500hpa08 时前一天 T23933—T51076 在-16 度到+6 度

3、700hpa08 时前一天 T23933—T52495 在-22 度到+12 度

4、700hpa08 时前一天 H28698—H51463 在 51 位势米 $\geq \Delta H \geq -169$ 位势米

以上四个条件同时满足时起报

(2) 各因子的编码:

X1: 500hpa08 时前一天 H23933—H51288 在 20 位势米 $\geq \Delta H \geq -290$ 位势米编 1、

否则编 0

X2: 500hpa08 时前一天 H23933-H51463 在 20 位势米 $\geq \Delta H \geq -320$ 位势米编 1、否则编 0

X3: 500hpa08 时前一天 H23933-H52267 在 -30 位势米 $\geq \Delta H \geq -390$ 位势米编 1、否则编 0

X4: 500hpa08 时前一天 T29263-T52203 在 -1 度 $\geq \Delta T \geq -24$ 度编 1、否则编 0

X5: 700hpa08 时前一天 H23933-H51076 在 82 位势米 $\geq \Delta H \geq -262$ 位势米编 1、否则编 0

X6: 700hpa08 时前一天 H23933-H52203 在 58 位势米 $\geq \Delta H \geq -198$ 位势米编 1、否则编 0

X7: 700hpa08 时前一天 H23933-H52267 在 31 位势米 $\geq \Delta H \geq -258$ 位势米编 1、否则编 0

X8: 700hpa08 时前一天 H23933-H52495 在 9 位势米 $\geq \Delta H \geq -275$ 位势米编 1、否则编 0

X9: 700hpa08 时前一天 T29263-T52203 在 1 度 $\geq \Delta T \geq -34$ 度编 1、否则编 0

(3) 预报方程的建立:

选用 0.1 权重系数法进行统计分析得东部预报:

$$Y=0.12X_1+0.13X_2+0.11X_3+0.14X_4+0.09X_5+0.12X_6+0.09X_7+0.09X_8+0.11X_9$$

将各因子编码分别代入预报方程求出临界值 $YC \geq 0.75$, 在 30 个样本中, 历史概括率为 90%。

3.1.3 北部沙尘暴20时预报方程

(1) 判别条件

- 1、500hpa20 时前一天 52267 风向在 230—305 度
- 2、500hpa20 时前一天风速差为 23933-52495 差值在到 -22 M/S 到 0
- 3、700hpa20 时前一天风速差为 29231-51288 差值在 -15M/S 到 12 M/S

4、700hpa20 时前一天风速差为 29231-52203 差值在-7M/S 到 17M/S

5、700hpa20 时前一天 T23933-51463 差值在-12 度到 9 度

以上 5 个条件同时满足时起报

(2) 各因子的编码:

X1: 500hpa20 时前一天 F52203-52267 在-4 到 15M/S 编 1、否则编 0

X2: 500hpa20 时前一天 H29263-H51076 在-20 位势米 $\geq \Delta H \geq -250$ 位势米编 1、
否则编 0

X3: 500hpa20 时前一天 H51288-H52495 在-60 位势米 $\geq \Delta H \geq -230$ 位势米编 1、
否则编 0

X4: 700hpa20 时前一天在 F29231-T51463 -11 到 11M/S 编 1、否则编 0

X5: 700hpa20 时前一天 H29231-H51463 在-37 位势米 $\geq \Delta H \geq -287$ 位势米编 1、
否则编 0

X6: 700hpa20 时前一天 T51076-T52495 在-7 度 $\geq \Delta T \geq -20$ 度编 1、否则编 0

X7: 700hpa20 时前一天 T51288-T52495 在-7 度 $\geq \Delta T \geq -20$ 度编 1、否则编 0

(3) 预报方程的建立:

选用 0.1 权重系数法进行统计分析得东部预报:

$$Y=0.14X1+0.10X2+0.16X3+0.10X4+0.10X5+0.14X6+0.26X7$$

将各因子编码分别代入预报方程求出临界值 $YC \geq 0.86$ ，在 37 个样本中，历史概括率为 80%。

3.1.4 东部沙尘暴 20 时预报方程

(1) 判别条件

1、500hpa20 时前一天风向为 52267 在 230 度到 300 度

2、500hpa20 时前一天 T29231-T52495 在-18 度到 2 度

3、500hpa20 时前一天 T51288-T52267 在-10 度到 2 度

4、700hpa20 时前一天 T29634-T51463 在-18 度到 0 度

以上四个条件同时满足时起报

(2) 各因子的编码:

X1: 500hpa20 时前一天 F29231—F52267 在 $20M/S \geq \Delta F \geq 19M/S$ 编 1、否则编 0

X2: 500hpa20 时前一天 H23933—H52267 在 -10 位势米 $\geq \Delta H \geq -370$ 位势米编 1、
否则编 0

X3: 700hpa20 时前一天 H23933—H52267 在 43 位势米 $\geq \Delta H \geq -226$ 位势米编 1、否
则编 0

X4: 700hpa20 时前一天 H23933—H52495 在 33 位势米 $\geq \Delta H \geq -247$ 位势米编 1、否
则编 0

X5: 700hpa20 时前一天 H23955—H51463 在 -81 位势米 $\geq \Delta H \geq -308$ 位势米编 1、
否则编 0

X6: 700hpa20 时前一天 T23933—T51463 在 $10 \text{度} \geq \Delta T \geq -10 \text{度}$ 编 1、否则编 0

X7: 700hpa20 时前一天 T23933—T52267 在 $3 \text{度} \geq \Delta T \geq -19 \text{度}$ 编 1、否则编 0

X8: 700hpa20 时前一天 T51288—T52495 在 $-8 \text{度} \geq \Delta T \geq -20 \text{度}$ 编 1、否则编 0

(3) 预报方程的建立:

选用 0.1 权重系数法进行统计分析得东部预报:

$$Y = 0.10X_1 + 0.12X_2 + 0.10X_3 + 0.10X_4 + 0.12X_5 + 0.21X_6 + 0.07X_7 + 0.16X_8$$

将各因子编码分别代入预报方程求出临界值 $YC \geq 0.74$ ，在 33 个样本中，历史概括率
为 88%。

3.2 短期预报模块 (2) -全盟预报方程

3.2.1 使用资料和沙尘暴出现标准

1、分析普查了 1990 年~2007 年 3—5 月符合标准的 25 次全盟性沙尘暴天气过程。

全盟性沙尘暴规定:

(1) 预报全盟大部地区有沙尘暴时，当实况有 3 个站出现沙尘暴或 2 个站出现沙
尘暴、另有 2 个站出现扬沙或 1 个站出现沙尘暴、另有 3 个站出现扬沙或有 4 个站以上

(包括4个站)出现扬沙,就确认为预报正确,否则确认为空报。

(2) 预报全盟大部地区无沙尘暴时,当实况有3个或以上站出现沙尘暴,就确认为空报,否则确认为预报正确。

2、沙尘暴天气出现时间及发展变化:

根据统计结果,沙尘暴多出现在中午前后至傍晚(约86.6%),这主要是由于中午前后至傍晚这一段时间近地层会迅速增温,破坏了大气的稳定层结,上下空气引起激烈交换造成的。同时,如果影响系统在中午前后到达我盟,则会进一步发展、加强,造成我盟出现沙尘暴或强沙尘暴;如果是傍晚前后到达我盟,则会逐渐减弱,出现沙尘暴的情况较少,以扬沙或浮沉天气为主。

3、阿拉善沙尘暴天气环流背景分析:

根据分析,沙尘暴出现前三天,高空环流形势会有明显调整,上游槽脊迅速发展,可以产生三类影响系统:第一类为槽脊东移型(巴尔喀什湖冷槽发展东移,占8次),第二类为西北气流型(占5次),第三类为低压(横槽转竖)旋转东移型(占2次)。在地面图上,15次沙尘暴天气过程13次都是由冷锋过境造成的,其余2次是由阿盟境内拐子湖地区突然生成沙尘暴并东移南下造成的。冷锋后正变压明显,沙尘暴出现前6小时,冷锋后有大于或等于+2.6hpa的3小时正变压出现,强沙尘暴出现前6小时,则可出现大于或等于+4.6hpa的3小时正变压。同时统计发现,当锋面进入我盟时,也就是我盟沙尘暴开始出现的时间,这一点与其它天气是不同的。表明阿盟出现全盟性沙尘暴天气的主要地面天气系统是过境冷锋造成的。

4、阿拉善沙尘暴预报指标:

通过对25次沙尘暴个例进行分析,我们找出了与阿拉善沙尘暴天气过程有密切关系的16个指标。采取分层、分时段推理、计算的方法,建立了两层沙尘暴预报规则。

3.2.2 阿拉善盟沙尘暴预报指标1

第一层预报指标:

1、在08点、14点地面图实况上,如果满足下列条件之一,则预报未来24小时内,可能有全盟性沙尘暴出现;否则,进入第二层预报指标继续判断:

(1) 如果在 $38^{\circ}\text{--}55^{\circ}\text{N}$, $80^{\circ}\text{--}105^{\circ}\text{E}$ 范围内,出现 ΔP_3 有极大值 $\geq +4.9\text{hpa}$ 。

(2) 如果在 $38^{\circ}\text{--}50^{\circ}\text{ N}$, $80^{\circ}\text{--}105^{\circ}\text{ E}$ 范围内有 ΔP_3 有极大值 $\geq +2.9\text{hpa}$ (14 点地面图上有 ΔP_3 有极大值 $\geq +2.6\text{hpa}$) 且有两个站出现沙尘暴或扬沙。

(3) 如果在 $38^{\circ}\text{--}50^{\circ}\text{ N}$, $80^{\circ}\text{--}105^{\circ}\text{ E}$ 范围内有两个站出现沙尘暴或扬沙并且有 378 站或 267 站的风速 $\geq 8\text{m/s}$ (当风向为偏东风时除外)。

第二层预报指标:

1、08 点 500hpa 图上:

(1) X1: 在 $38^{\circ}\text{--}60^{\circ}\text{ N}$, $80^{\circ}\text{--}110^{\circ}\text{ E}$ 范围内有槽存在, 并且槽深 $\leq -16\text{hpa}$ 以下, 同时, 在此范围内, 有 $\leq -28^{\circ}\text{ C}$ 的站点或冷中心存在。

(2) X2: 乌鲁木齐 (51463)、北塔山 (51288)、哈密 (52203) 三个站 24 小时平均变高 $\Delta H_{24} \leq -6.0\text{hpa}$ 或此三个站平均风速达 32m/s 以上。

2、08 时 700hpa 图上:

(3) X3: 在 $40^{\circ}\text{--}60^{\circ}\text{ N}$, $80^{\circ}\text{--}110^{\circ}\text{ E}$ 范围内有槽存在, 并且槽深 $\leq -12.0\text{hpa}$ 以下, 或在 $36^{\circ}\text{--}43^{\circ}\text{ N}$, $100^{\circ}\text{--}110^{\circ}\text{ E}$ 范围内有小槽 (切变) 存在。

(4) X4: 乌鲁木齐 (51463)、北塔山 (51288)、哈密 (52203) 三个站 24 小时平均变高 $\Delta H_{24} \leq -5.6\text{hpa}$ 或此三个站 $\Delta T_{24} \leq -6.0^{\circ}\text{C}$ 或等高线与等温线呈 60° 以上夹角。

3、08 点、14 点地面图上:

(5) X5: 在 $38^{\circ}\text{--}55^{\circ}\text{ N}$, $90^{\circ}\text{--}115^{\circ}\text{ E}$ 范围内, 有最低值 $\leq 1000.0\text{hpa}$ 的站点存在, 并且此范围内有 $\Delta P_3 \geq +3.4\text{hpa}$ 的极值存在。

当 X1-X5 均成立时, 则预报未来 24 小时全盟大部地区有沙尘暴, 否则无沙尘暴。

3.2.3 阿拉善沙尘暴预报指标2

第一层预报指标:

1、在 20 点地面图实况上, 如果满足下列条件之一, 则预报未来 24 小时内, 可能有全盟性沙尘暴出现; 否则, 进入第二层预报指标继续判断:

(1) 如果在 $38^{\circ}\text{--}55^{\circ}\text{ N}$, $80^{\circ}\text{--}105^{\circ}\text{ E}$ 范围内, 出现 ΔP_3 有极大值 $\geq +4.6\text{hpa}$ 。

(2) 如果在 $38^{\circ}\text{--}50^{\circ}\text{ N}$, $80^{\circ}\text{--}105^{\circ}\text{ E}$ 范围内有 ΔP_3 有极大值 $\geq +2.6\text{hpa}$ 且有两

个站出现沙尘暴或扬沙。

(3)如果在 38°N — 50°N , 80°E — 105°E 范围内有两个站出现沙尘暴或扬沙并且有 378 站或 267 站的风速 $\geq 8\text{m/s}$ (当风向为偏东风时除外)。

第二层预报指标:

1、20 点 500hpa 图上:

X1: 在 40°N — 65°N , 70°E — 110°E 范围内有槽存在, 并且槽深 $\leq -15\text{hpa}$ 以下, 同时, 在此范围内, 有 $\leq -28^{\circ}\text{C}$ 的站点或冷中心存在。

X2: 乌鲁木齐 (51463)、北塔山 (51288)、哈密 (52203) 三个站 24 小时平均变高 $\Delta H_{24} \leq -4.6\text{hpa}$ 以下。

2、20 时 700hpa 图上:

X3: 在 40°N — 60°N , 80°E — 105°E 范围内有槽存在, 并且槽深 $\leq -8.0\text{hpa}$ 以下, 并有 $\leq -16^{\circ}\text{C}$ 的站点 (冷中心) 或在 35°N — 45°N , 100°E — 110°E 范围内有小槽 (切变) 存在。

X4: 乌鲁木齐 (51463)、北塔山 (51288)、哈密 (52203) 三个站 24 小时平均变高 $\Delta H_{24} \leq -6.6\text{hpa}$ 或此三个站 $\Delta T_{24} \leq -6.3^{\circ}$ 。

3、20 点地面图上:

X5: 在 40°N — 55°N , 70°E — 115°E 范围内, 有最低值 $\leq 1000.0\text{hpa}$ 的站点存在, 并且此范围内有 $\Delta P_3 \geq +2.1\text{hpa}$ 的极值存在。

当 X1-X5 均成立时, 则预报未来 24 小时全盟大部地区有沙尘暴, 否则无沙尘暴。

3.3 短时预警规则

地面天气图每天 8 次, 随时调用最近时次的地面图, 通过查看河西走廊及阿盟范围内是否出现沙尘暴, 相应的做出未来 6 小时阿盟是否会出现沙尘暴及出现范围的警报。

1、河西走廊 52446、52447、52535、52546、52557、52652、52662、52656 站都出现了沙尘暴则预警阿盟南部未来 6 小时将出现沙尘暴;

2、52323、52446、52447、52533、52436 出现了沙尘暴, 则预警阿盟西部未来 6 小时将出现沙尘暴;

3、阿盟境内 52576、52378、52576、52575 都出现了沙尘暴, 则预警阿盟东部未来

6 小时将出现沙尘暴；

4、52267、52378 出现了沙尘暴，则预警阿盟北部未来 6 小时将出现沙尘暴；

5、52495、53502 出现了沙尘暴，则预警阿盟东南部未来 6 小时将出现沙尘暴；

6、52674、52679、52681 出现了沙尘暴，则预警我盟东南部未来 6 小时将出现沙尘暴。

7、52681 出现了沙尘暴，则预警我盟东南部未来 6 小时将出现沙尘暴。

8、阿盟境内和河西走廊境内均未出现沙尘暴，则未来 6 小时不发警报。

本章小结

本章主要通过对历史沙尘暴的分析，建立了沙尘暴预报方程，东部、北部预报规则，全盟两层预报指标，及短时预警方式。

第四章 沙尘暴监测预报业务系统建立

沙尘暴监测预报业务系统由沙尘暴预报集成模块、沙尘暴实时监测模块、历史实况资料统计模块、典型个例库模块等组成。

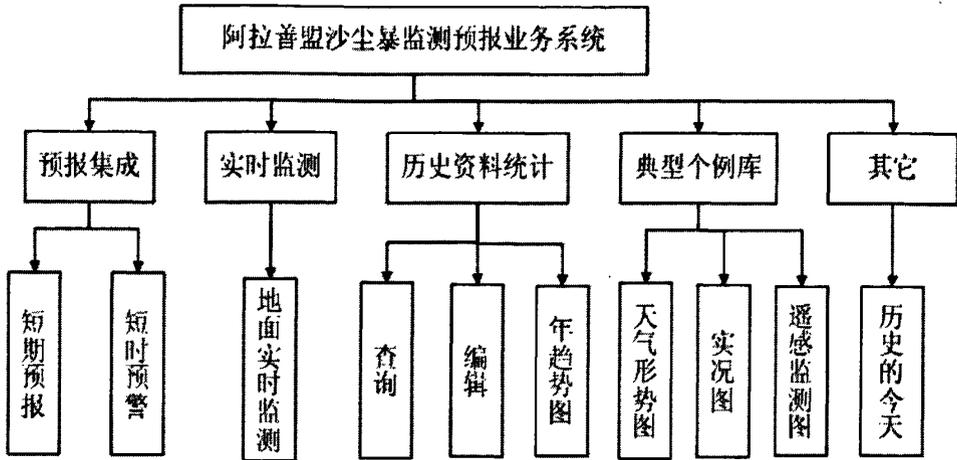


图 4-1 系统结构

Fig.4-1 System structure

4.1 预报集成模块

预报集成模块主要实现的功能为短期预报和短时预警，数据为中国气象卫星下发的 Micaps 气象数据资料。

4.1.1 短期预报

短期预报主要实现阿盟东部、北部及全盟的沙尘暴预报，预报界面如图 4-2 所示。

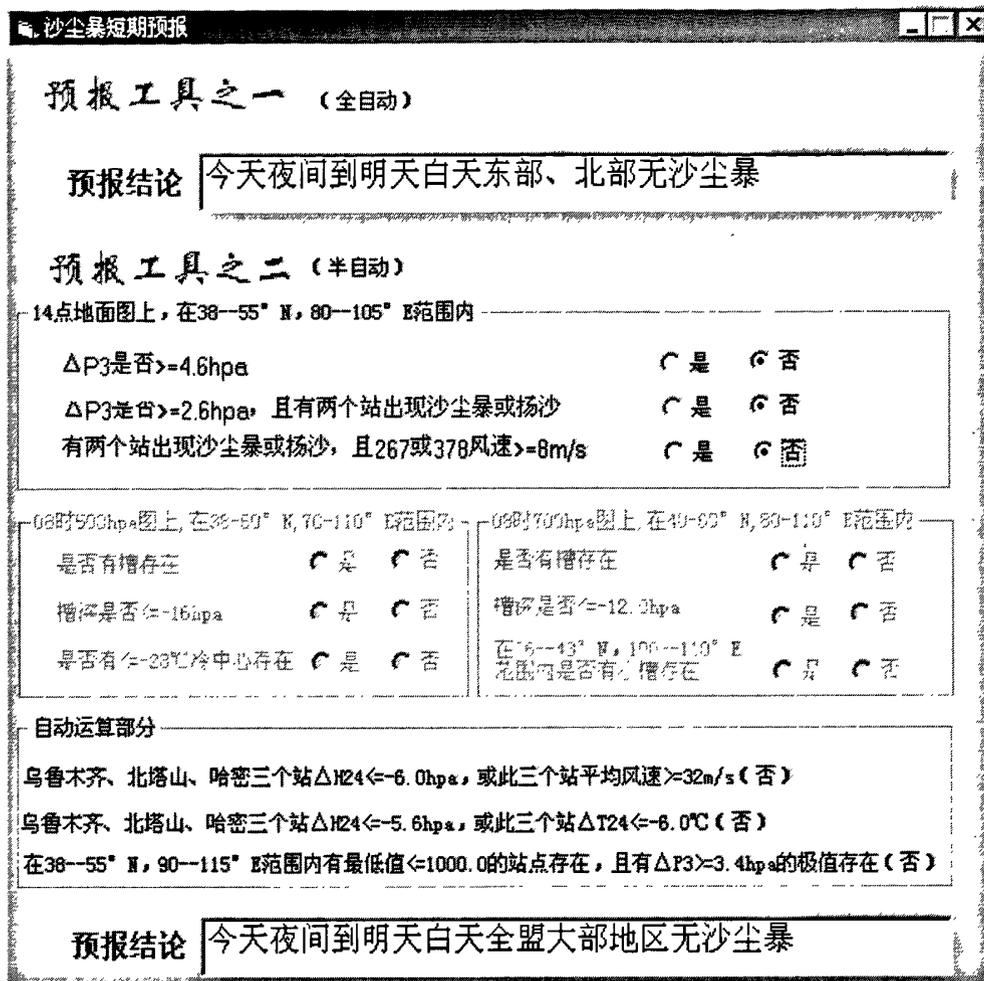


图 4-2 短期预报 1

Fig.4-2 forecast of Short time

预报工具之一的预报范围是东部、北部, 系统对气象因子数据进行选取, 根据建立的沙尘暴预报规则, 以全自动方式进行数据计算, 得出沙尘暴预报结论, 并保存预报结论。

预报工具二的预报规则是分层、分时段预报, 范围是全盟大部地区。预报时间分为上午、下午及晚上, 首先对最近时次的地面图数据因子进行提取计算, 通过预报员与计算机进行人机交互判断, 预报方式为:

(1) 只要有一个为是, 则得出结论, 运算结束;

(2) 如果均为否, 则进行自动运算, 在自动运算中只要有一个为否, 就得出结论, 结束运算;

(3) 如果三个均为是，则运行高空图指标的人机交互判断，如果有一个为否，则得出结论。

图 4-2 短期预报无沙尘暴出现的情况，图 4-3 为预测出现沙尘暴的情况。

预报工具之一 (全自动)

预报结论 今天夜间到明天白天东部、北部有沙尘暴

预报工具之二 (半自动)

08时地面图上, 在38—55° N, 80—105° E范围内

ΔP3是否>=4.9hpa	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
ΔP3是否>=2.9hpa, 且有两个站出现沙尘暴或扬沙	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
有两个站出现沙尘暴或扬沙, 且267或378风速>=8m/s	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否

22点500hpa图上, 在40—95° W, 10—110° E范围内	20点700hpa图上, 在40—60° W, 80—120° E范围内
是否有槽存在 <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否	是否有槽存在 <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
槽深是否<= 15hpa <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否	槽深是否<= 20hpa <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
是否有<= -13° C冷中心存在 <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否	是否有<= 10° C冷中心存在 <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否

自动运算部分

乌鲁木齐、北塔山、哈密三个站ΔH24<=-6.0hpa, 或此三个站平均风速>=32m/s (否)

乌鲁木齐、北塔山、哈密三个站ΔH24<=-5.6hpa, 或此三个站ΔT24<=-6.0° C (否)

在38—55° N, 90—115° E范围内有最低值<=1000.0的站点存在, 且有ΔP3>=3.4hpa的极值存在 (否)

预报结论 今天下午到夜间全盟大部地区将出现沙尘暴

图 4-3 短期预报 2

Fig.4-3 forecast of Short time

系统对未来 24 小时是否会出现沙尘暴进行预报，并将预报结论保存到 conclusion 目录中。预报结论保存至本文文件中，文件名为预报的整点时间，如图 4-4 所示。

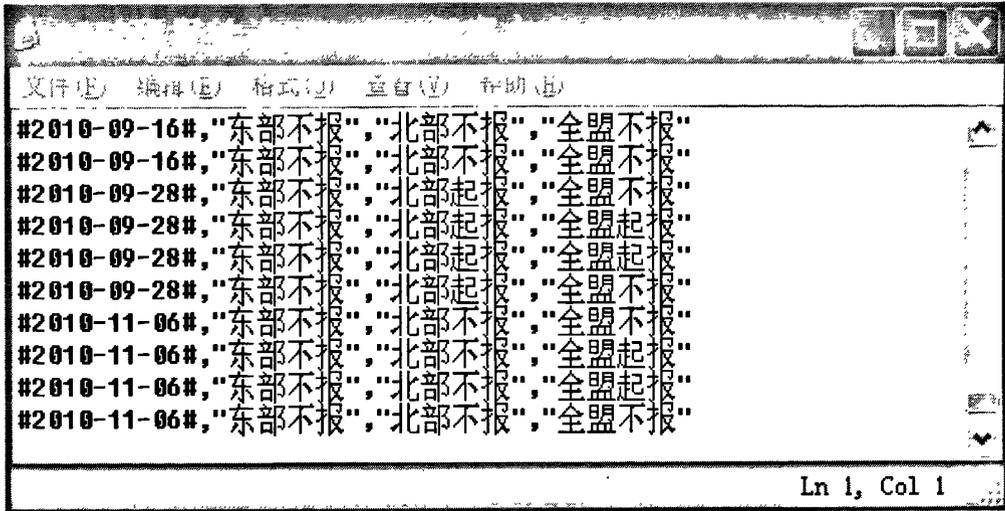


图 4-4 预报结论

Fig.4-4 Forecast conclusion

4.1.2 短时警报

短时警报功能为调用最近时次的地面图，查看河西走廊及阿盟范围内是否出现沙尘暴，并做出相应的预警提示，如图 4-5 短时警报。

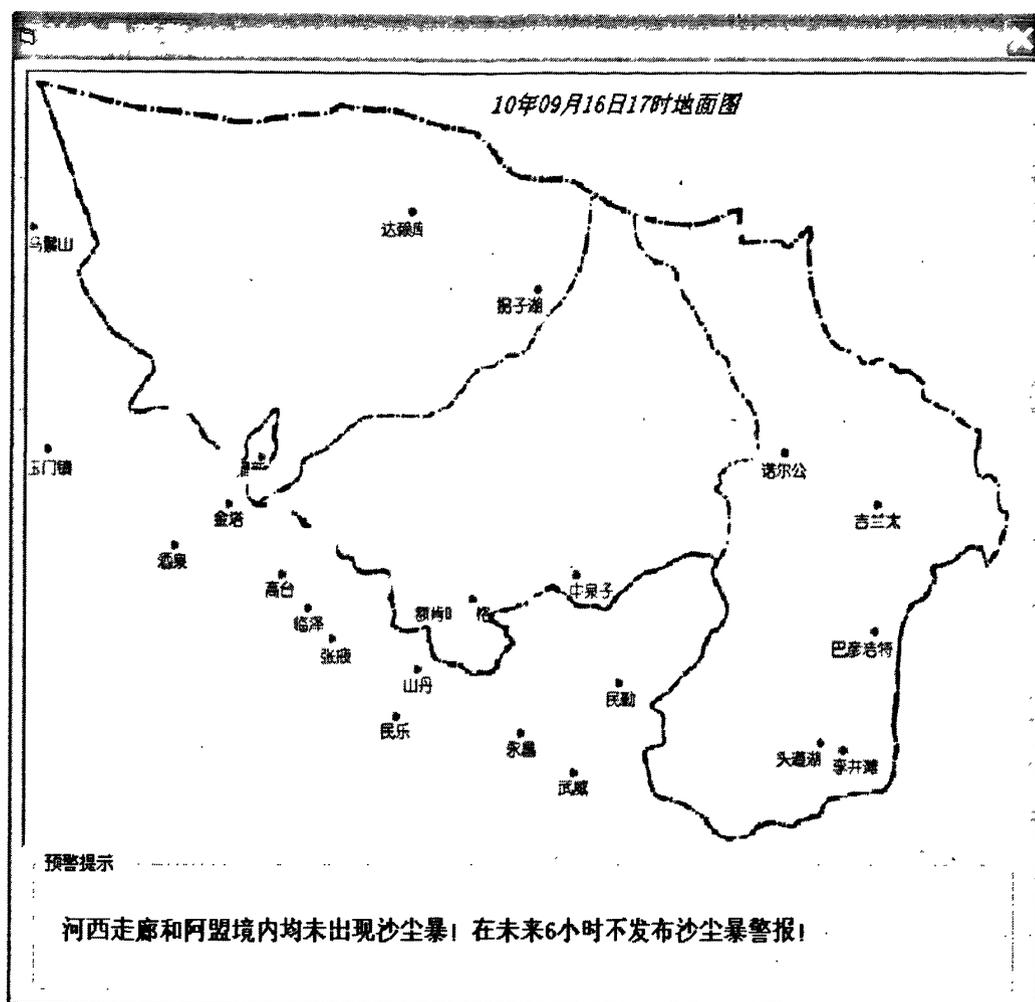


图 4-5 短时警报

Fig.4-5 alarm of Short time

如果有站点已经出现沙尘暴，则在图上显示沙尘暴发展趋势，鼠标在站点上停留会提示当前能见度、风向、风速，并将沙尘暴信息提示保存于 alert 文件中，如图 4-6.

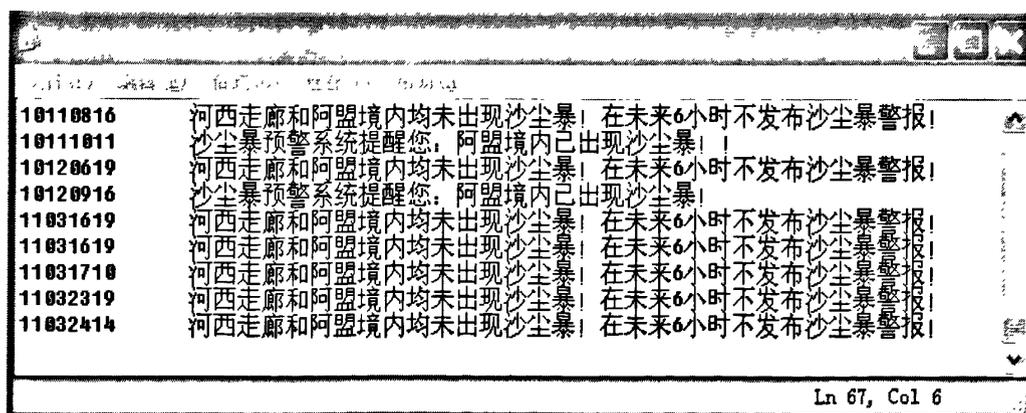


图 4-6 短时警报存储

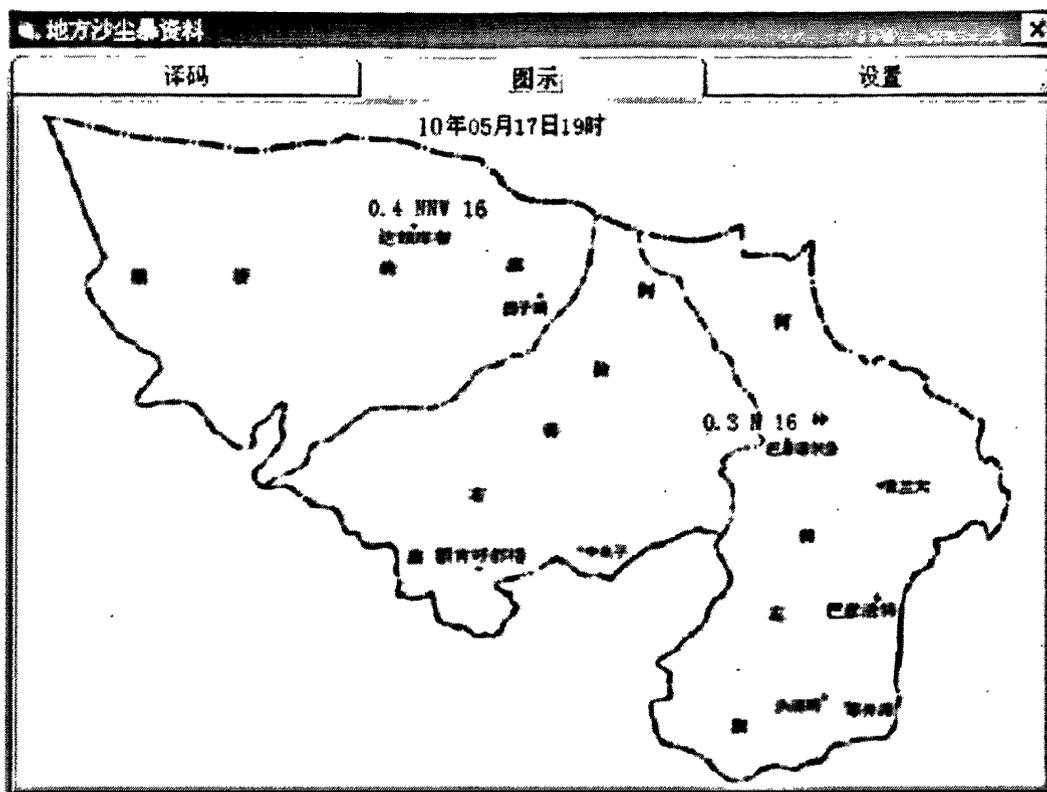


图 4-8 实时监测

Fig.4-8 monitoring of Real-time

设置一项用来设置阿盟气象局接收沙尘暴报文的计算机信息，包括计算机名和内部 IP 地址，系统根据设置的路径自动搜索沙尘暴报文。

4.3 历史实况资料统计

沙尘暴历史数据多年以来一直以报表或电子表格的形式存储，没有专业的历时沙尘暴资料统计、存储软件，在查询沙尘暴数据时只有人工查找，增加了工作人员的劳动强度，系统建立了沙尘暴历史实况资料统计，实现了资料的存储、查询及打印等功能，大大加快了查询速度，减轻了工作人员的劳动强度，有效提高了工作效率。

建立了沙尘暴历史数据库，使用 WINDOWSXP+VB6+SQL SERVER 2000 环境，能够方便快捷的访问数据库。数据库原始表的创建、删除、编辑以及查询都是应用 SQL 结构化查询语言来实现的为了方便录入数据，还增加了对数据库原始表的备份及恢复功能，增加了打印预览功能。运用 SQL 语言可以快速地检索到需要查询的数据，以及各站历史上今天出现沙尘暴的次数。另外，由于使用了 API 函数，程序界面新颖、独到，实践证明该模块具有较强的容错功能。历史库主要实现对沙尘暴的历史数据进行保存、查询及显示

等功能，分为查询、编辑、年趋势图及配置备份和恢复四项。

查询：数据库录入全盟9个气象站自建站以来的沙尘暴历史资料，查询页码中可以对这些历史资料进行查询。根据区站号、起止年限查询，逐年显示沙尘暴出现时段，并可以预览和打印。在统计表中显示查询后的记录，按年份或月份统计沙尘暴出现次数，逐年或逐月形势显示，同时显示本站点历年沙尘暴总次数，如图4-9。

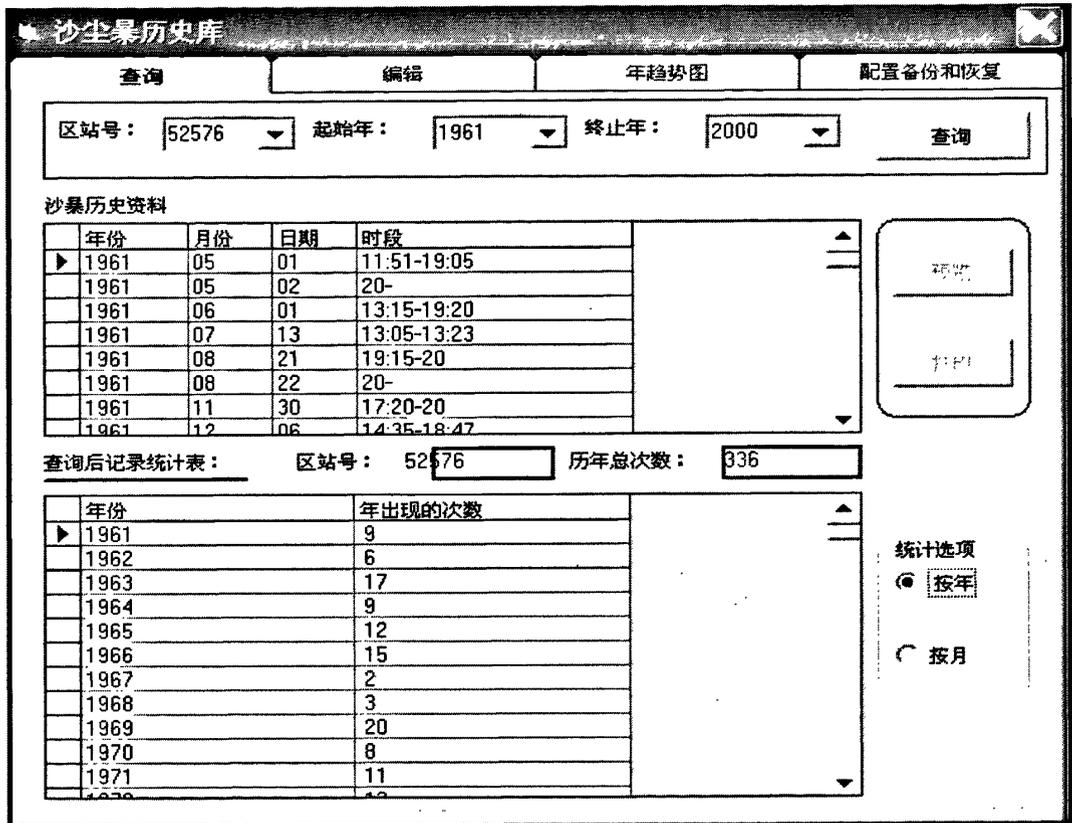


图 4-9 资料查询

Fig.4-9 Material inquiries

编辑：根据现有历史沙尘暴数据资料、及对报表的查询统计，得到阿盟9个气象站自建站以来的历史沙尘暴资料后，在编辑页码中对沙尘暴数据进行录入保存。系统主要对沙尘暴出现站点、时间、时段进行数据录入，数据保存后按时间进行排序，并显示已录入的数据数量，如图4-10。

沙尘暴历史库
✕

查询
编辑
年趋势图
配置备份和恢复

数据录入

区站号

年 月

日

时段

年份	时段	
▶ 19610318	9:22-9:45	
19610403	8:55 12:11	
19610420	19:26-19:40	
19610421	17:13-19	
19610428	10:15-13:30	
19610501	9:35-11:30	
19610504	19-20	

记录总数: 新增加的记录数:

添加
确定
取消
退出

图 4-10 数据存储

Fig.4-10 Data storage

年趋势图：在年趋势图中根据站点和起止年限对沙尘暴数据进行查询，查询结果通过柱形图或折线图的方式逐年显示沙尘暴次数，并可以根据数据量的大小对图形进行放大或缩小，以便显示，如图 4-11。

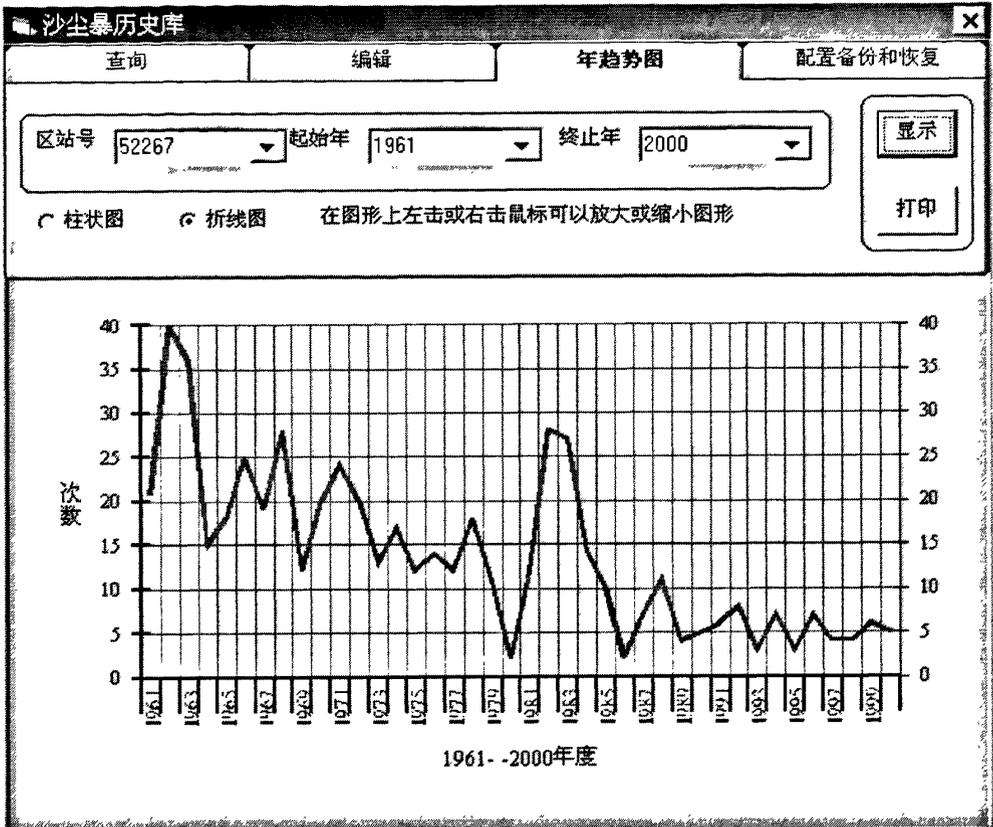


图 4-11 趋势图

Fig.4-11 Trend diagram

配置备份和恢复：在配置备份和恢复一项中需要输入用户名及口令，如果取消输入则只能查看沙尘暴数据历史记录，不能进行编辑。输入用户名及口令后可以对数据库表进行任意操作，如增加、删除、修改等。对数据库表进行删除、修改等操作后点击更新按钮保存。为了保证安全性，作了对数据库表的备份及恢复功能，如图 4-10。

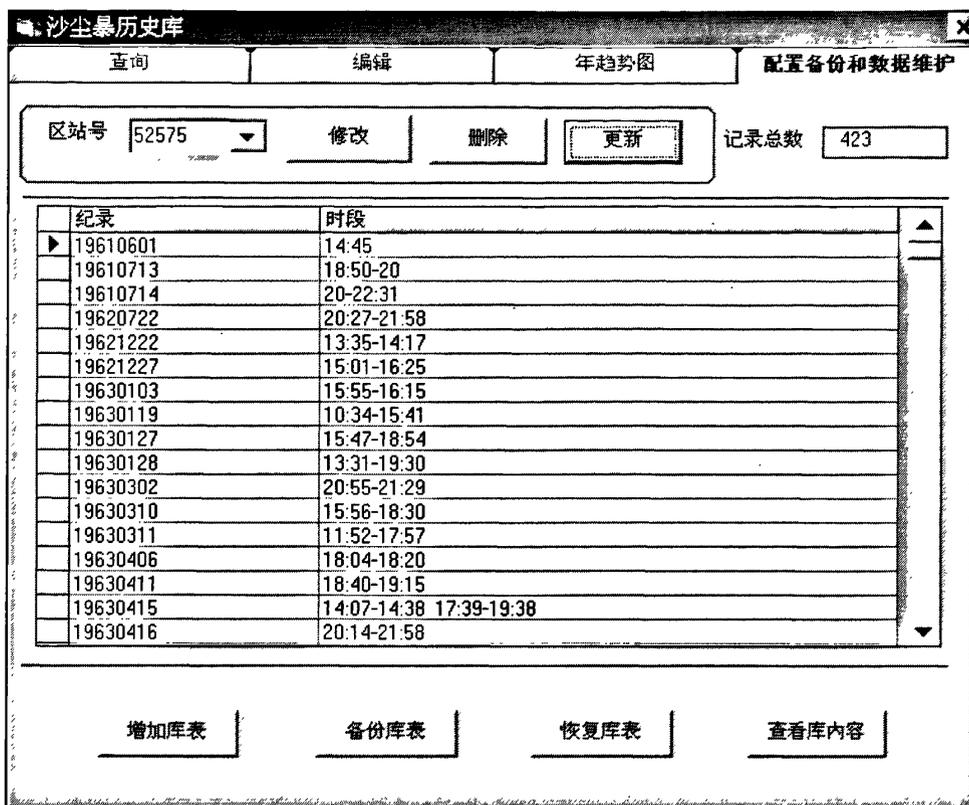


图 4-12 数据备份和维护

Fig. 4-12 the data backup and maintenance

4.4 典型个例库

典型个例天气形势分析，在发生典型沙尘暴天气时，除了实时备份 Micaps 气象数据外，预报员会对通过 Micaps 预报工具显示的地面、高空及 T213 等天气图以图片的方式进行保存，在以后分析相似的天气形势时做出比较，有助于提高预报水平。

个例库列举了数个个例过程的天气图，对出现沙尘暴后，将天气图通过截图的方式保存为 jpg 文件，在 example 中建立目录，目录名为该天气系统发生过程的时间，保存个例过程图片至该目录，系统对个例库中的图片进行浏览分析，对历史沙尘暴天气形势可以不通过资料获取的方式查看天气图，如图 4-13。

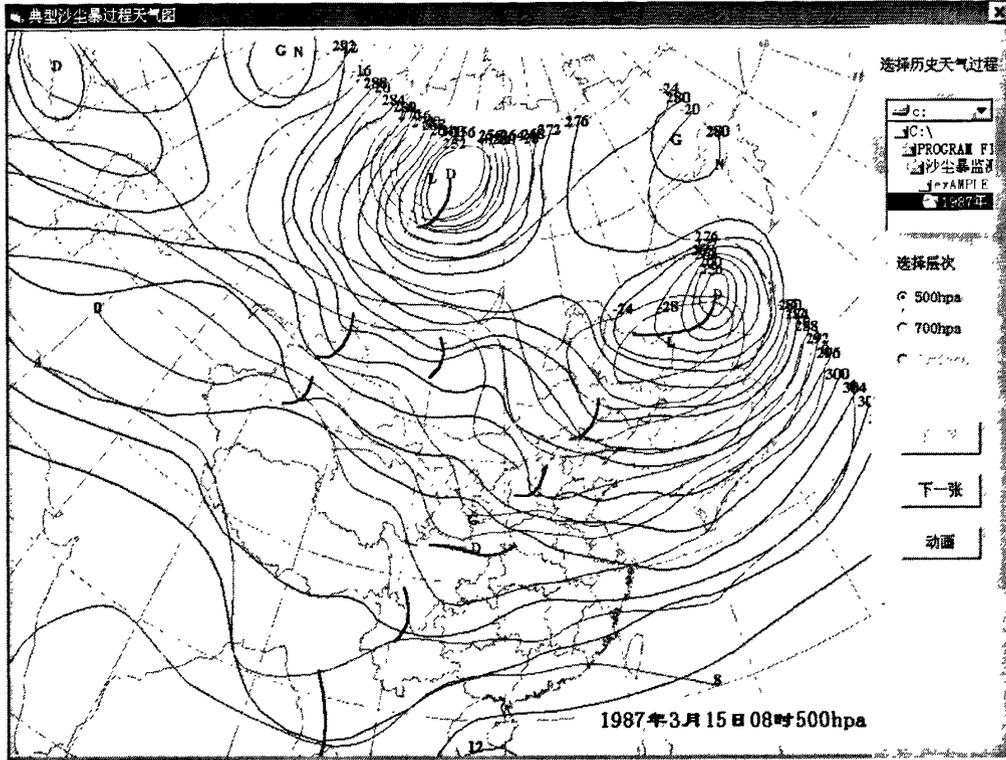


图 4-13 图片库

Fig.4-13 photos storage

典型沙尘暴遥感图，包括数张沙尘暴遥感图片。通过对卫星遥感图的分析，可以较为准确地监测到沙尘暴发生的范围、强扶、移动路径及未来发展趋势。增加新的遥感图时，将遥感图保存为 jpg 文件，保存目录为 picture\rs。文件名以 RS 开始加图片的序号，序号在原有基础上加 1，如 RS6.jpg，如图 4-14。

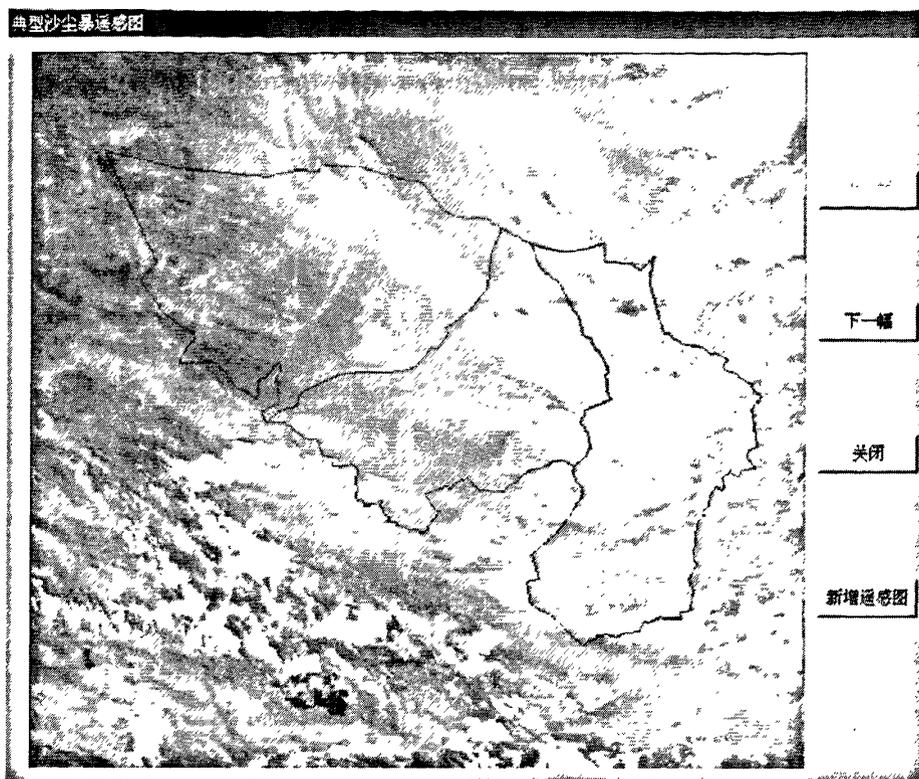


图 4-14 遥感图

Fig.4-14 presents

典型沙尘暴天气图片：包括数张实时拍摄的实况照片。增加新的实况照片时，保存照片为 jpg 文件，保存目录为 picture\photo。文件名以 sand 开始加图片的序号，序号在原有基础上加 1，如 sand6.jpg，如图 4-15 沙尘暴图片。



图 4-15 沙尘暴

Fig.4-15 sandstorm

4.5 其他:

历史上的今天:

可以通过历史数据库自动搜索历史上的今天出现沙尘暴的站点及发生的时间,如气象站没有发生沙尘暴则提示“今日无沙尘暴记录”,如图 4-16。

历史上的今天		关闭
03月22日		
台站名(区站号)	出现年份	
▶ 中原子气象站(52575)	1962	
额济纳旗气象局(52267)	1983	
拐子湖气象站(52378)	1966,1967,1973,1976,1980	
阿拉善右旗气象局(52576)	今日无沙尘暴纪录	
头道湖气象站(52607)	1981,1988	
吉兰太气象站(53502)	1965,1966	
阿左旗李井滩气象站(53505)	今日无沙尘暴纪录	
阿左旗气象站(53602)	今日无沙尘暴纪录	
诺尔公气象站(52495)	1989,1996	

图 4-16 历史上的今天

Fig.4-16 today in history

参考文献:

在参考文献中收集了多篇近年来有关沙尘暴研究的学术论文，为预报员总结经验、提高预报能力及对沙尘暴研究方便提供参考，如图 4-17。

文献篇目

- 北方沙尘遥感
- 45年扬沙和沙尘暴
- 北京风沙与气溶胶
- 北京沙尘与气象条件
- 春季沙尘暴
- 春季沙尘暴研究
- 东亚沙尘源地输送的遥感
- 和田的降尘和沙尘暴
- 河西走廊94年沙尘暴
- 贺兰山沙尘暴与垂直输送
- 贺兰山沙尘气溶胶粒子谱
- 贺兰山沙尘气溶胶浓度观
- 黑风暴形成机理
- 黄沙研究与进展
- 科尔沁沙地风沙形成
- 内蒙古与北京沙尘源
- 宁夏沙尘暴形成机制
- 日本沙尘暴研究进展

1 引言

2000年春季的我国北方频繁的沙尘暴引起了多方面的关注和广泛的南的南京、上海等地随之出现的泥雨和尘沙蔽空现象更引出许多议论，其气在我国东部地区的影响范围有多大、影响的南部边界可达何处，我国大的极端南界位置等问题。我国现代气象观测的沙尘天气日数记录已有50候图^[1]上虽可指出沙尘天气的发生范围，但毕竟尚不足以回答这是否就是影响的极端南部界线，以及在更长的(几百年、上千年)时期内、在不同气候范围的南部边界是否变动等问题。本文采用我国历史文献中载有确切地和风尘降尘记录，并结合已完成的中国历史干湿气候变化的基础资料和研究。

另外，利用我国古文献记载进行的历史气候序列复原工作，长期以来因中断或缺失所困扰，这种中断可由战乱所致，尤以北方半干旱地区、经济欠最多，如何发掘可能的史料来源和寻找可能的代用气候证据或推断结论，乃著者所苦苦寻求。本文试图通过南界地带的沙尘记录与北方干旱-半干旱区

图 4-17 参考文献

Fig.4-17 references

本章小结

本章主要对本系统实现的集成预报（短期预报、短时警报）、实时监测、历史资料统计等模块的功能作了详细说明。

第五章 系统测试分析

5.1 系统运行环境

在本系统的研究中，主要通过气象局内部网络计算机提取预报因子，并对预报因子进行计算，系统运行环境为：

(1) 服务器硬件配置环境：

内存：2GB DDR3，硬盘：500GB、7200转，显卡：NVIDIA GeForce GT420。

(2) 软件环境：

服务器操作系统：Windows XP/2000，

应用软件：SQL SERVER 2000数据库，Grads等图形处理软件。

(3) 网络环境：内蒙古气象系统局域网。

5.2 预报检验

对沙尘暴进行预报和预警是一项艰巨的工作，除了准确预测沙尘暴天气、气候背景的有利条件外，还需要对能否起沙、沙尘浓度、范围及沙尘传输路径进行预测。沙尘暴天气和背景可以通过天气学预报方法来实现，但对沙尘暴浓度和传输路径的预测就比较困难，要对沙尘暴进行定量、客观地预报，就需要利用准确的初始观测资料和数值模式。本系统通过对定量数值进行计算，制作出沙尘暴监测预报业务系统。本系统的实验数据是阿拉善盟气象局提供的2008.01-2010.12的地面、高空气象观测数据，数据都是经过质量检测的，质量可靠。通过数据处理后把地面、高空数据中的有关气压、温度等要素数据提取出来存入数据库中。

全盟性沙尘暴规定：预报全盟大部地区有沙尘暴时，沙尘暴天气实况：

(1) 3个站出现沙尘暴

(2) 2个站出现沙尘暴、另有2个站出现扬沙

(3) 1个站出现沙尘暴、另有3个站出现扬沙

(4) 4个站以上（包括4个站）出现扬沙，

(一) 在出现以上四种情况之一就确认为预报正确。

(二) 预报全盟大部地区无沙尘暴时, 当实况有3个或以上站出现沙尘暴, 就确认为漏报, 否则确认为预报正确。

(三) 对全盟大部地区做沙尘暴预报, 而实况没有达到全盟大部地区沙尘暴预报标准则为空报。

对 2008-2010 年气象数据入库后, 通过沙尘暴监测预报业务进行计算, 对正确率、空报率和漏报率进行验证, 对检验的具体计算方法及检验情况如下:

空报率=空报次数/(空报次数+实际沙尘暴次数)

漏报率=漏报次数/(实际沙尘暴次数)

正确率=预报正确次数/(预报正确次数+空报次数+漏报次数)

2008 年实际出现全盟性沙尘暴 4 次:

2 月 29 日-3 月 1 日, 52495、53502、52378、52576 出现沙尘暴, 53602、52575 出现扬沙;

3 月 5-6 日, 52378、52576 出现沙尘暴, 52267、52575、52495 出现扬沙;

3 月 18-19 日, 52495、53502、53602、52267、52378、52576、52575、53505、52607 均出现扬沙;

5 月 1-2 日, 52378 出现沙尘暴, 52267、52576、52575、52495、53502、53602 出现扬沙。

系统预报情况: 对 3 月 5-6 日的预报只对阿盟北部进行了预报, 没有对全盟进行预报, 其余预报正确。

报对 3 次, 漏报 1 次, 准确率=3/4=75%。

2009 年共出现全盟性沙尘暴 3 次,

3 月 20-21 日, 53505、52378 出现沙尘暴, 52267、52495 出现扬沙;

4 月 23-24 日, 53505、52495 出现沙尘暴, 52607、52267、52378 出现扬沙;

4 月 29-30 日, 53505 出现沙尘暴, 52607、52495、52267 出现扬沙。

系统预报情况: 对 4 月 29-30 日的预报对阿盟东部进行了预报, 没有对全盟进行预

报, 其余预报正确。

报对 2 次, 漏报 1 次, 准确率= $2/3=66.7\%$ 。

2010 年共出现全盟性沙尘暴 5 次:

3 月 11-13 日, 52267、52495、52576、53505 出现沙尘暴, 52378、52607、53502、出现扬沙;

3 月 18-21 日, 52267、52378、52495、52575、52607、53502、53505、53602 均出现沙尘暴, 52576 出现扬沙;

3 月 28-29 日: 52378、53505 出现沙尘暴, 52267、52495、52576、52607、53502、53505、53602 出现扬沙;

4 月 24-25 日: 52378、52495、52575、52576、52607、53502、53505、53602 出现沙尘暴, 52267 出现扬沙;

5 月 6-7 日, 52267、52378、52495、52575、52607、53502 出现扬沙。

系统预报情况:

报对 5 次, 空报 1 次, 准确率= $5/6=83.3\%$ 。其中一次预报全盟大部分出现沙尘暴, 实际为只有 3 各站出现扬沙, 不属于全盟性沙尘暴。

三年平均准确率= $(75\%+66.7\%+83.3)/3=75\%$ 。

结论:

(1) 通过三年的预报检验, 我们认为对预报全盟性沙尘暴 (特别是强沙尘暴), 本系统预报是比较准确的, 达到 70% 以上。

(2) 对于 1 至 2 个站出现沙尘暴, 预报结果不太理想, 出现空报或漏报现象。

(3) 对于在阿盟境内突然出现的沙尘暴 (次数较少, 主要影响阿盟东部地区), 存在预报滞后或空报的情况, 有待于进一步完善和充实。

(4) 对于在阿盟境内突然出现的沙尘暴, 主要是拐子湖地区由于地形作用 (盆地) 和中午至傍晚近地层迅速升温, 破坏了近地层稳定层结, 上下层空气引起剧烈交换造成的, 次数较少, 主要影响我盟东部地区, 存在预报滞后或漏报的情况, 有待于进一步完善和充实。

本章小结

本章对系统运行环境作了说明，对沙尘暴实际出现情况及系统预报情况作了比较，系统预报结果进行了检验。

第六章 总结与展望

6.1 总结

本文针对阿盟业务需求,对多年全盟性沙尘暴进行全面、综合的分析研究,找出了与阿盟沙尘暴天气过程密切相关的 16 个预报因子,采取分层、分时段推测、计算的方法,选择适用的 0.1 权重系数法建立预报方程,确定两层沙尘暴预报规则,建立了集“监测、预报、警报”为一体的自动业务系统。

简要介绍了沙尘暴监测预报业务系统的需求,主要制作了沙尘暴监测预报业务系统,包括集成预报(短期预报、短期警报)、实时监测等功能,为了便于业务人员了解、比较和掌握阿拉善沙尘暴的发生、发展和活动规律,还建立了阿拉善沙尘暴历史资料库、典型沙尘暴个例库等模块,从多方面丰富了该系统的内容,提高了该系统的使用价值。

沙尘暴监测预报业务系统是根据阿拉善盟本地区沙尘暴发生规律所研发的系统,适用于阿拉善盟全盟地区的 9 个气象局站。通过试报和业务应用,并经过不断的修改和完善,该系统能够提前 6-24 小时预报出较强沙尘暴,取得了很好的预报预警效果,已成为阿盟沙尘暴预报预警的一个重要工具。

本文实现沙尘暴监测预报的方法及描述了各模块实现的功能,对集成预报、实时监测等功能做了详细介绍。

通过本系统对阿盟 2008-2011 年 3 年的沙尘暴预报实际检验,认为本系统对预报全盟性沙尘暴(特别是强沙尘暴)预报是比较准确的,在实际工作中有着重要的意义。

该系统的研制成功,填补了我盟在沙尘暴预报预警方面的空白,大大提高了阿盟对沙尘暴预报预警能力,为减少(轻)沙尘暴造成的危害,把沙尘暴造成的损失减少到最小程度,将发挥重要作用。

本文对预报因子数据分析后用 SQL SERVER 2000 建立数据仓库,通过对预报因子的相关计算得出预报结论。

6.2 展望

随着人类对环境要求的提高,沙尘暴作为环境污染之一,沙尘暴监测预报业务就要求有更高的预报标准,而目前还没有利用计算机全自动对沙尘暴进行预报的工具。影响沙尘暴的因素特别多,研究人员并不能考虑所有的因素来进行预报,使沙尘暴预报一直

以来存在难点。

本文也只在地面、高空气象资料中选取了16个预报因子，没有考虑下垫面的因素，而且在预报过程中主要针对阿盟地区大范围沙尘暴的预报，对单个站点的预报还不能做出准确的预报。在以后的工作中，会更详细研究包括下垫面及选取更多相关因素对沙尘暴进行监测预报，用数据挖掘决策树的方式建立预报规则，用时间序列的预报方法对沙尘暴进行预报。并与本文的预报方式进行比较，选择对阿拉善盟地区沙尘暴预报准确率高的预报方式来做沙尘暴监测预报，以减少沙尘暴灾害带来的损失。

参考文献

- [1] 秦大河, 杨德保, 等. 沙尘暴[M]: 气象出版社, 2003: 2
- [2] 徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析, 气象学报, 1979, 37(4): 26-35
- [3] 高凤荣, 李云. 甘肃河西“5.19”黑风分析, 甘肃气象, 1989, 7(1): 13-17
- [4] 陈敏连, 郭清台, 徐建芬, 等. 黑风暴天气的研究和探讨, 甘肃气象, 1993, 11(3): 11(3): 16-27
- [5] 刘树华, 刘新民, 李金贵. 我国西北地区一次特大沙尘暴的初步分析, 北京大学学报(自然科学版), 1994, 30(5): 583-588
- [6] 王式功, 杨德保, 周玉素, 等. 我国西北地区“94.4”沙尘暴成因探讨, 中国沙漠, 1995, 15(4): 332-338
- [7] 徐建芬, 牛志敏, 陈伟民, 等. 我国西北地区4.5沙尘暴天气研究, 中国沙漠, 1996, 16(3): 281-286
- [8] 钱正安, 胡隐樵, 龚乃虎, 等. “93.5.5”特强沙尘暴的调查报告及其分析.
- [9] 曾庆存, 董超华, 彭公炳, 赵思雄, 方宗义等著, 千里黄云--东亚沙尘暴研究, 北京: 科学出版社, 2006, VII
- [10] 方宗义, 张运刚, 郑新江, 等. 用气象卫星遥感监测沙尘的方法和初步结果, 第四纪研究, 2001, 21(1): 48-55
- [11] 郑新江, 陆文杰, 罗敬宁, 气象卫星多通道信息监测沙尘暴的研究, 遥感学报, 2001, 5(4): 300-305
- [12] 钱正安, 宋敏红, 李万元. 近50年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析, 中国沙漠, 2002, 22(2): 106-111
- [13] 王炜, 宋振鑫, 邵亚平, 等. 沙尘暴天气数值预报系统及其预报效果检验, 气象科技, 2005, 33(1): 25-310
- [14] 胡泽勇, 黄荣辉, 卫国安等. 2000年6月4日沙尘暴过境时敦煌地面气象要素及地表能量平衡特征的变化[J]. 大气科学, 2002, 26(1): 1-8
- [15] 王式功, 董光荣, 陈惠忠等. 沙尘暴研究的进展[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 349-356
- [16] 孙军, 李泽椿. 西北地区沙尘暴预报方法的初步研究[J]. 气象, 2001, 27(1): 19-21
- [17] 李耀辉, 赵建华, 薛纪善, 等. 基于GRPAES的西北地区沙尘暴数值预报模式及其应用研究. 地球科学进展, 2005, 20(9): 999-011
- [18] Hallkin Heron dust raising wind sad descending our rents. J. India. Met. Memoirs, 1921, 22: Part VI
- [19] Sutton L.J. Haboobs. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 1925, 51: 25-30
- [14] Idsos. B., Ingram R.S., Pritchard J., an American Haboob, Bull. AKS, 1972, 50, 930-935
- [21] Joseph P V, Raipal D K, Deka S N. “Andhi”, the convective dust storms of Northwest

India.gausam,1980,31: 431-442

[22] Joseph P V,Raipal D K,Deka S N. "Andhi",the convective dust storms of Northwest
India.gausam,1980,31: 431-442

[23] Brazel A.J., Nicking C., The relationship of weather types to dust storm generation in Arizona
Climatology, 1986, 6(3) : 255-275

[24] Monaghan D.L., Possible connection between anomalous anticyclones and sandstorms, Weather,
1987, 42(1) : 8-13

[25] Jauregui E.,The dust storms of Mexico City, International Journal of Climatology,1989,9(2): 169-180

[26] Littmann T., Dust storm frequency in Asia: Climate control and variability.Interactional Journal of
Climatology, 1991, 11: 393-412

致 谢

在毕业论文完成之际，我要向所有在我读研期间关心和帮助过我的老师、同学、朋友表示衷心的感谢。

首先我要感谢我的导师高光来教授。在高老师的悉心指导和热情帮助下，我在沙尘暴监测预报方面进行了多方面的学习和研究，专业知识和实践经验得到了很大提高。在此，对高老师表示诚挚的敬意。

感谢阿拉善盟气象局刘彦、邱丽华等同志，在我的课题研究上，他们给我提出了许多宝贵的意见，在数据资料的获取上给予了极大的帮助。

感谢我的同学冯春雷、伍秀峰、肖春光等，他们对我的学习和论文撰写提出了许多宝贵的意见和建议。

感谢计算机信息学院全体领导、老师和同学们的热情帮助和支持。