

1931752

分类号 \_\_\_\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

密级 \_\_\_\_\_

# 学 位 论 文

## 哈尔滨市气象灾害与生态环境监测评估系统

作者姓名： 曹广敏

指导教师： 胡筱敏 教授

姬菊枝 高级工程师

东北大学资源与土木工程学院

申请学位级别： 硕士      学科类别：      工学

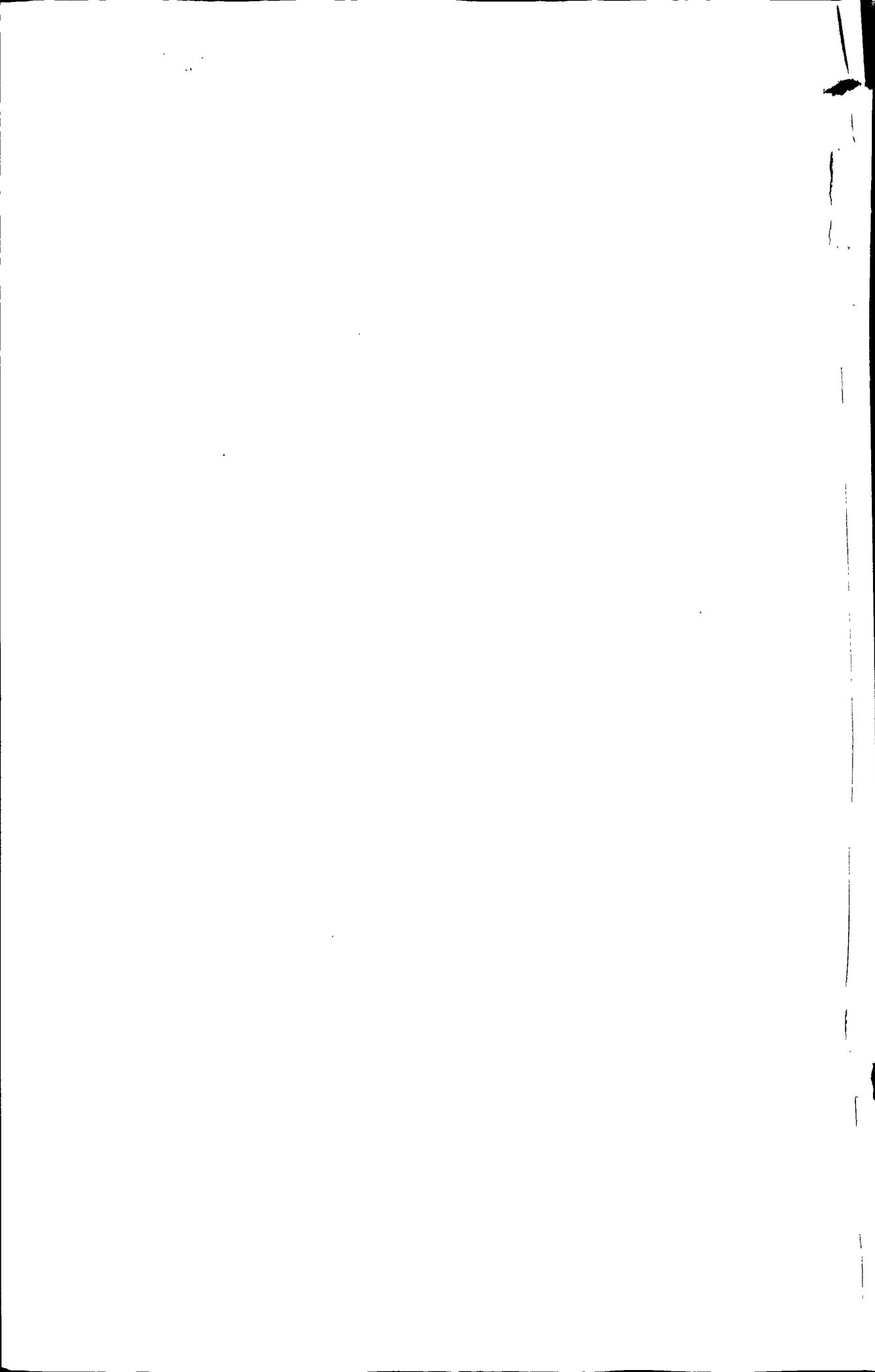
学科专业名称： 环境工程

论文提交日期： 2008年6月 论文答辩日期： 2008年7月

学位授予日期： 2008年8月 答辩委员会主席： 徐新阳

评阅人： 胡筱敏、姜彬慧、李亚峰

东北大学  
2008年6月



A Thesis in Computer Software and Theory

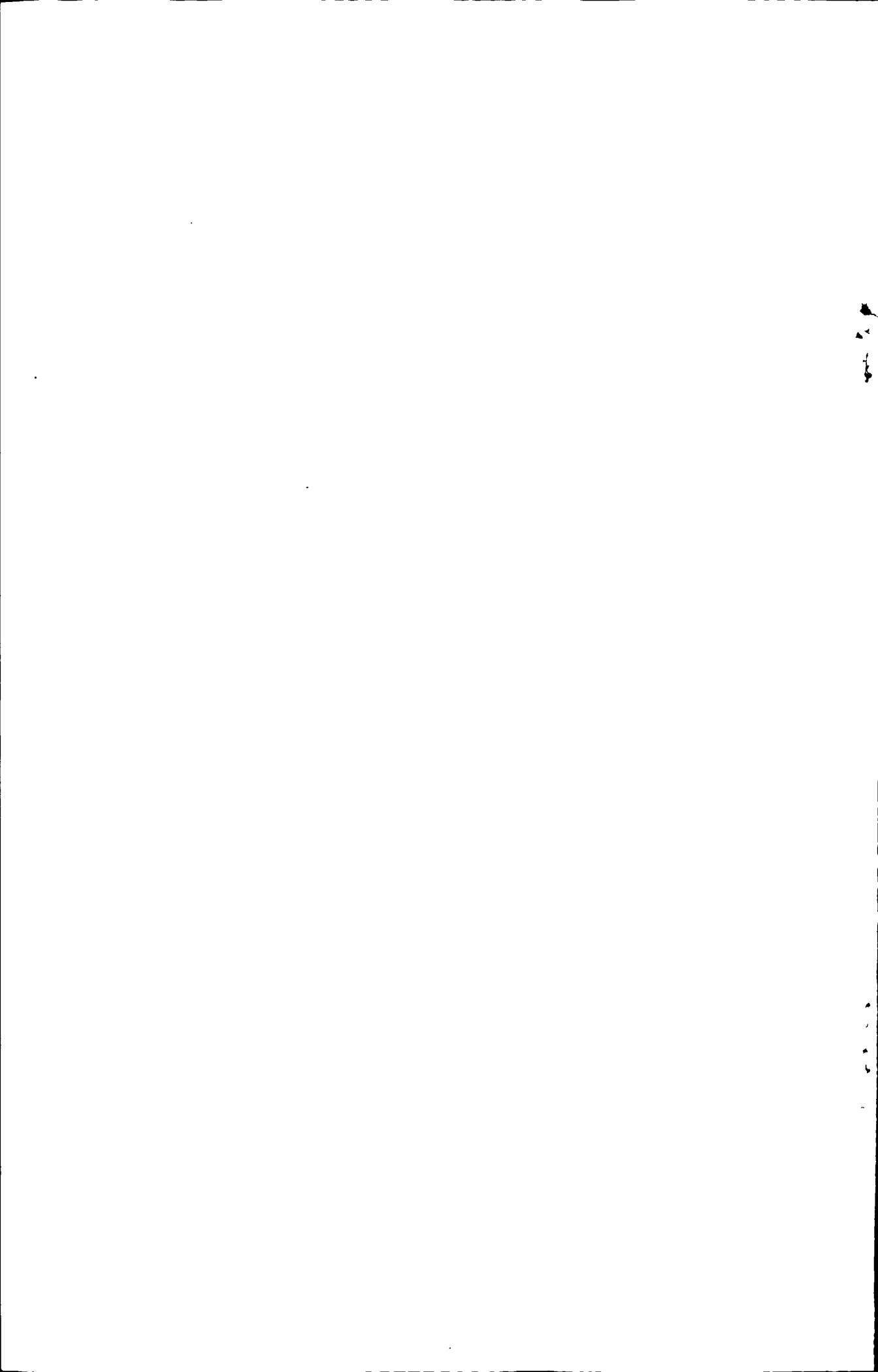


# **Monitoring and Valuation system of Weather Disaster and Environment in Harbin**

By Cao Guang Min

Supervisor: Professor Hu Xiao Min  
Senior Engineer Ji Ju Zhi

**Northeastern University**  
**June 2008**



# 独创性声明

本人声明，所提交的学位论文是在导师的指导下完成的。论文中取得的研究成果除加以标注和致谢的地方外，不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括本人为获得其他学位而使用过的材料。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：曹彦敏

日期：2008.7.2

# 学位论文授权使用授权书

本学位论文作者和指导教师完全了解东北大学有关保留、使用学位论文的规定：即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人同意东北大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索、交流。

作者和导师同意网上交流的时间为作者获得学位后：

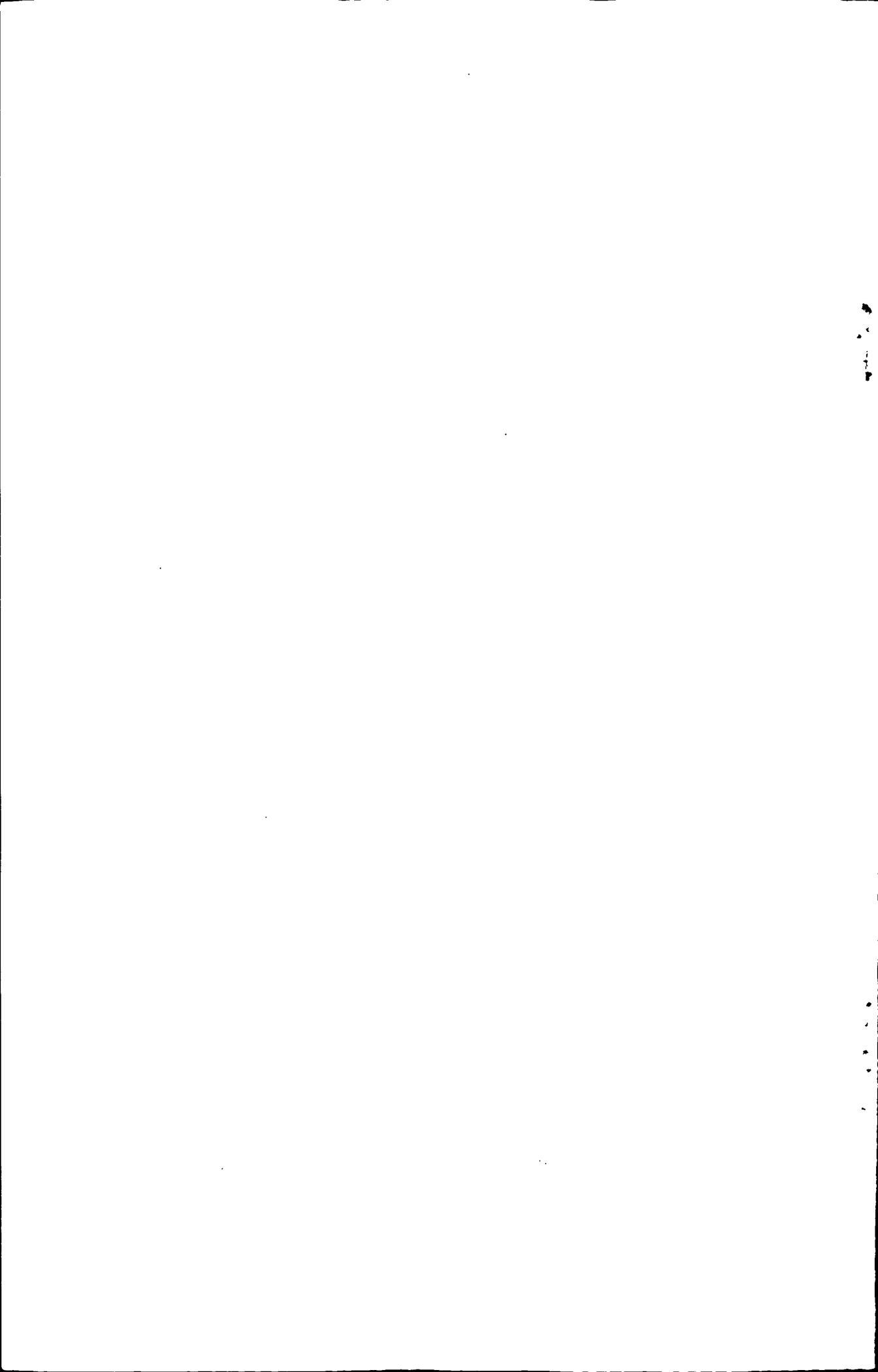
半年  一年  一年半  两年

学位论文作者签名：曹彦敏

导师签名：胡彦敏

签字日期：2008.7.2

签字日期：2008.7.2



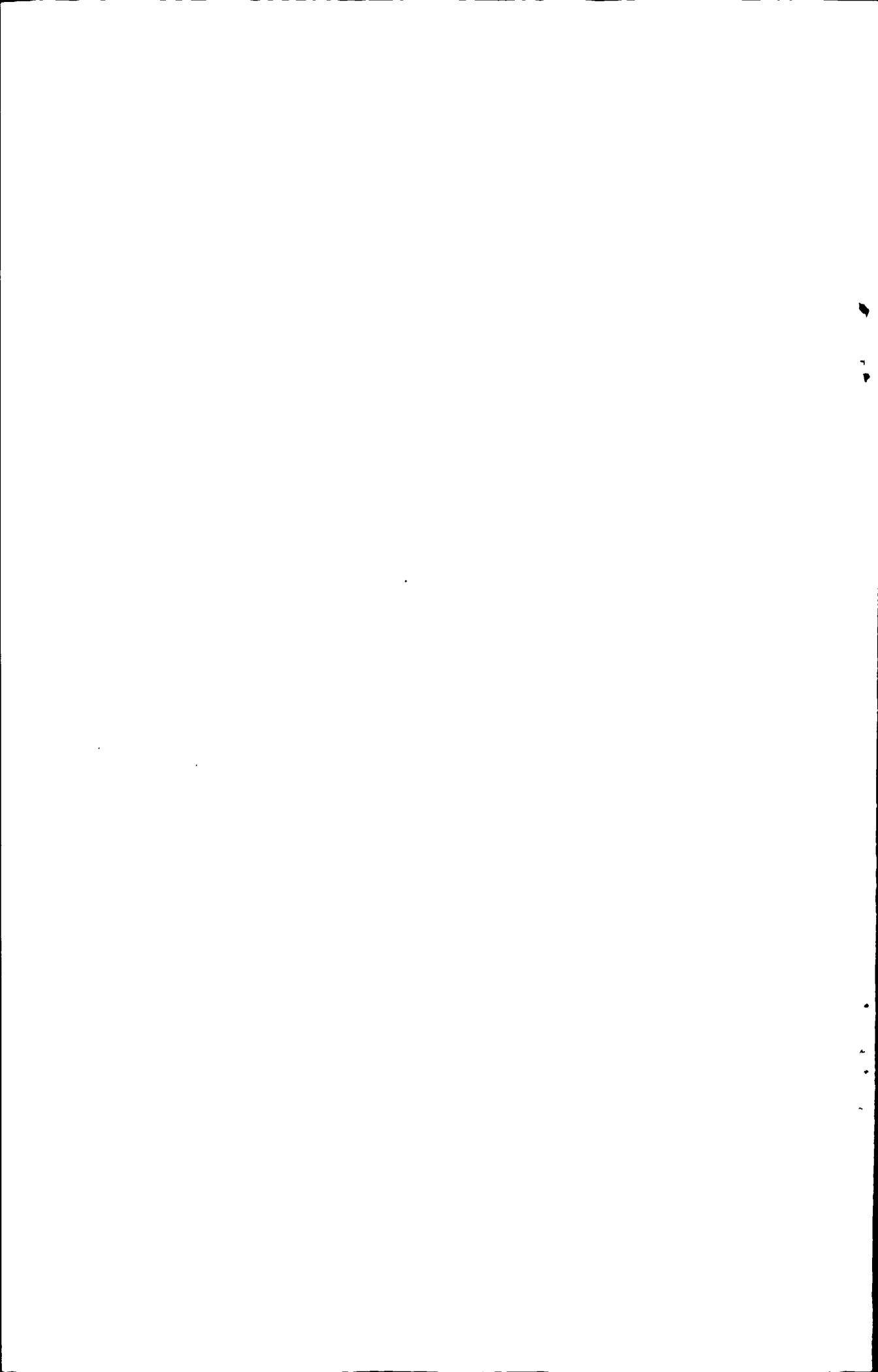
# 哈尔滨市气象灾害与生态环境监测评估系统

## 摘 要

本文以市、县、乡三级自动监测站网,极轨静止卫星多普勒雷达地面接受系统为基础,采用了卫星遥感技术,结合了哈尔滨市历史数据及典型个例,对实时观测数据进行了分析,同时应用了哈尔滨市及所属县(市)的地理信息,使用了数学统计分析、数值预报模式、与历史数据及典型个例类比等方法对气象灾害与生态环境监测方法进行了分析研究,结果表明:1、建立了哈尔滨市气象灾害监测评估决策服务系统。该系统主要包括两部分:生态环境监测评估子系统和气象灾害监测评估子系统;2、采用热惯量法,建立土壤墒情和旱涝灾害监测评估系统,可以准确监测全市土壤墒情和旱涝灾害,客观定量评估受灾程度、受灾面积,为市政府合理安排防灾救灾经费提供科学依据;3、通过气象综合观测系统对气象灾害的监测技术,对干旱、冰雹、暴雨、沙尘暴等气象灾害进行预报预测评估,可以为防灾减灾决策提供信息;4、通过地表反照率变化的遥感监测技术,开展对地面积雪范围变化的监测和评估,对初冬第一场较大降雪后积雪范围的监测评估,可以为交通、旅游和农业生产提供对策服务,而初春对积雪范围变化的监测和评估,主要是为春季土壤墒情监测、旱涝趋势分析预测和春季播种提供气象决策服务;5、利用卫星遥感监测技术开展生态环境监测和评估,采用地表亮温指数开展“城市热岛效应”研究,分析结果表明城区平均地表亮温比郊外偏高5-6度,市区中心区域地表亮温则明显偏高8度左右,监测结果表明城区和郊外确实存在以城市中心区温度最高,逐渐向外递减的“城市热岛效应”。

本文是基于气象综合观测系统不断完善和遥感卫星技术进一步成熟开展研究的,同时其研究结果也在实际工作中得到检验,因此本文的结论不仅为政府决策提供科学依据,而且对实践也有指导意义。

关键词 气象灾害 监测分析 评估系统

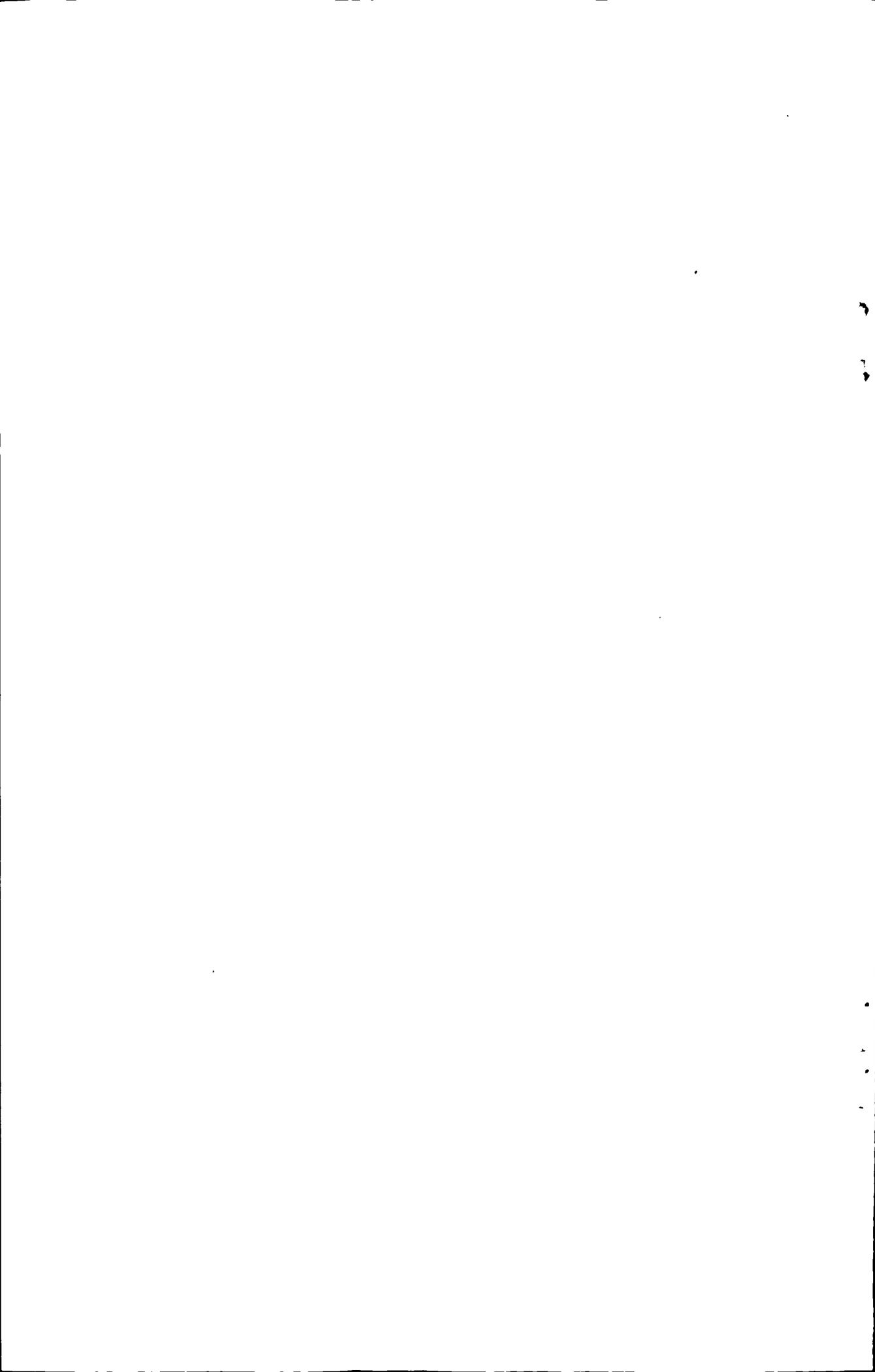


## Monitoring and Valuation system of Weather Disaster and Environment in Harbin

### Abstract

Based on the automatic monitoring station net and the ground receive system of the polar-orbiting satellite, Geostationary Meteorological Satellite and Doppler radar, adopted RS technique, combined the history data and typical examples of Harbin, we analyzed the real time observation data; and applied the geography information of Harbin and the counties belong to Harbin district, use the methods such as mathematics statistical analysis, numerical forecast model and analogy to the history data and typical examples, we also analyzed and researched the monitoring methods of weather disaster and environment.

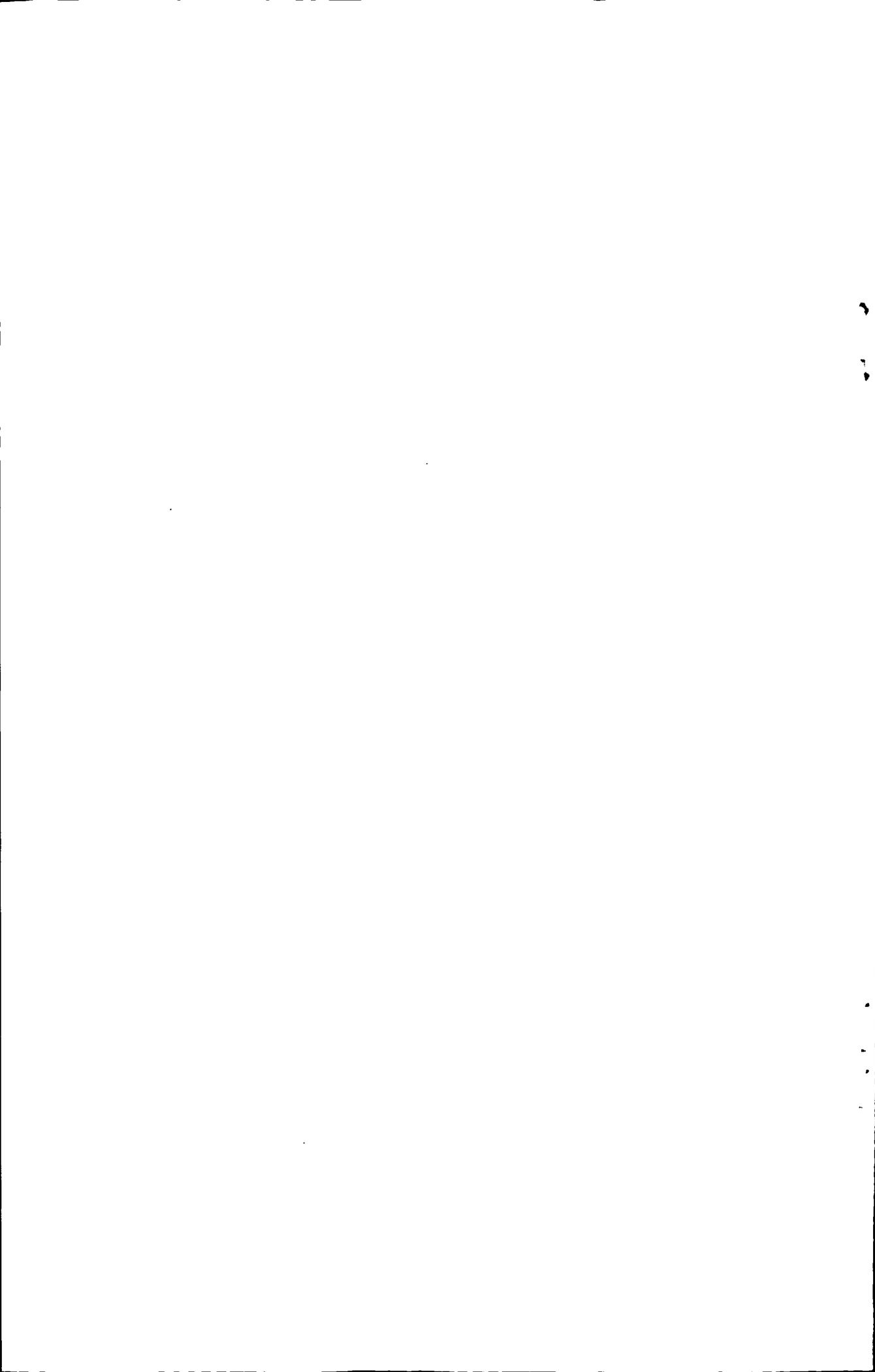
The result showed: 1. Built up the Harbin city monitoring valuation decision service system of agro-meteorological disaster. The system mainly includes two parts: the environment monitoring and evaluation subsystem and the meteorological disaster monitoring and valuation subsystem; 2. We built monitoring and evaluation system of the soil moisture content and the drought、waterlogging damage by the thermal inertia approach, which can accurately monitor the soil moisture content and the drought、water logging damage for the whole district and also can impersonally and quantificationally estimate the stricken degree, stricken area. All these provide scientific basis to the city government in the outlay arrangement of disaster prevention and disaster relief;3. Through the comprehensive meteorological monitoring system for monitoring weather disasters ,meteorological disaster including drought 、hail and sandstorm can be can predicted efficiently. All can provide information for the protection and reduction of disaster.4. via the RS monitoring technique of the earth's surface albedo variety, we monitored and evaluated the ground snow area change. It can provide countermeasure service to traffic, tour and agriculture by monitoring and evaluation snow area of the first bigger snowfall in the first month of winter; and the monitoring and evaluation of the snow area change in the first month of spring are mainly for the spring soil moisture content monitoring, drought or waterlogging trend analysis and forecast and the weather decision-making service of the sowing



in springtime;5. Used RS monitoring technique to develop the monitoring and valuations of entironment, used the earth's surface temperature index to develop "the city heat island effect" research. The analysis result shows that the average surface temperature of the city zone is on the high side 5-6 degree than outskirts', and the surface temperature of the downtown center is obvious higher than 8 degree or so. The monitoring result indicate that the city heat island effect is really exist which decrease successively from the city zone to outskirts; adopt the contrast analysis method with cloud monitoring and the high temperature area monitoring images.

This article is based on comprehensive meteorological observation system continuously improved and rs satellite technology farther maturity for study .The research results are the actual work of the inspection.So the conclusion in this paper not only provide scientific basis, but also has guidance signification to practice.

**Key words: Meteorological disaster    Monitoring and Analysis  
Valuation System**



# 目 录

独创性声明 .....	II
哈尔滨市气象灾害与生态环境监测评估系统.....	II
摘 要 .....	II
ABSTRACT .....	III
目 录 .....	V
第一章 绪 论 .....	1
第二章 气象灾害监测和预测评估分析.....	7
2.1 干旱灾害卫星遥感监测评估 .....	7
2.1.1 干旱对生态环境的影响 .....	7
2.1.2 干旱卫星遥感监测评估方法 .....	8
2.1.3 干旱卫星遥感监测预测评估结果 .....	11
2.2 冰雹监测分析 .....	15
2.2.1 冰雹对生态环境的影响 .....	15
2.2.2 冰雹监测分析方法 .....	16
2.2.3 冰雹监测分析及预测评估结果 .....	18
2.3 局地暴雨监测分析 .....	20
2.3.1 局地暴雨对生态环境的影响 .....	20
2.3.2 局地暴雨监测分析方法 .....	21
2.3.3 局地暴雨监测分析及预测评估结果 .....	27
2.4 沙尘暴监测分析 .....	29
2.4.1 沙尘暴对生态环境的影响 .....	29
2.4.2 沙尘暴监测分析方法 .....	31
2.4.3 沙尘暴监测分析结果 .....	40
2.4.4 沙尘暴防治对策 .....	41
2.5 本章小结 .....	42
第三章 生态环境监测评估系统.....	43
3.1 遥感技术进行城市生态研究优越性及范围 .....	43
3.2 城市生态遥感的研究内容及方向 .....	44
3.2.1 城市土地利用现状及分析 .....	44
3.2.2 城市环境污染调查、环境监测及评价 .....	44

3.2.3 城市气候及热岛环流研究 .....	44
3.2.4 城市结构、边缘发展动态分析及城市区域规划 .....	47
3.3 应用遥感技术分析城市生态系统的模式 .....	47
第四章 系统软件的组成与实现 .....	50
4.1 系统软件处理流程 .....	50
4.2 气象观测资料的收集与预处理 .....	50
4.2.1 极轨气象卫星资料接收、预处理 .....	50
4.2.2 多普勒天气雷达资料接收、预处理 .....	51
4.3 哈尔滨市气象灾害与生态环境监测评估系统软件组成 .....	52
第五章 研究结论 .....	54
参考文献 .....	55
致 谢 .....	58

# 第一章 绪 论

自然灾害每年都给人类世界造成巨大的损失，其中气象灾害所造成的经济损失占有所有自然灾害损失的 70% 以上<sup>[1-5]</sup>。气象灾害包括暴雨：山洪暴发、河水泛滥、城市积水；雨涝：内涝、渍水；干旱：农业、林业、草原的旱灾，工业、城市、农村缺水；干热风：干旱风、焚风；高温、热浪：酷暑高温、人体疾病、灼伤、作物逼熟；热带气旋：狂风、暴雨、洪水；冷害：由于强降温和气温低造成作物、牲畜、果树受害；冻害：霜冻，作物、牲畜冻害，水管、油管冻坏；冻雨：电线、树枝、路面结冰；结冰：河面、湖面、海面封冻，雨雪后路面结冰；雪害：暴风雪、积雪；雹害：毁坏庄稼、破坏房屋；风害：倒树、倒房、翻车、翻船；龙卷风：局部毁灭性灾害；雷电：雷击伤亡、损坏建筑物、击坏电器设备；连阴雨（淫雨）：对作物生长发育不利、粮食霉变等；浓雾：人体疾病、交通受阻；低空风切变：（飞机）航空失事；酸雨：建筑、农作物等受害。气象灾害是一种自然破坏力，不仅严重影响当地国民经济建设，还常常造成严重的人员伤亡和财产损失。与此同时，由气象灾害引发或衍生的其他灾害，如山洪灾害、地质灾害、海洋灾害、生物灾害、森林火灾等，也对国家经济建设、人民生命财产安全构成极大威胁。近十几年来，随着全球气候变暖趋势加剧，带来许多极端气候事件（厄尔尼诺，大范围持续干旱，洪涝，局地大暴雨，冰雹，沙尘暴和森林火灾等），对人类赖以生存的环境带来严重威胁，导致生态失衡，环境恶化，严重影响国民经济可持续发展。全球气候变化加剧了这种状态<sup>[6-9]</sup>。我国是世界上自然灾害种类最多、活动最频繁、危害最严重的国家之一，其中气象灾害造成的损失十分严重，据 1990~2004 年 15 年数据统计，我国因气象灾害造成的经济损失平均每年达 1762 亿元，约占国内生产总值的 1%~3%，相当于 GDP 增加值的 10%~20%，每年受气象灾害影响的人口约 3.8 亿人次，因灾死亡人

数高达 4700 人，农作物受灾面积达 5000 万公顷，造成粮食损失约 200 亿公斤。就哈尔滨市而言，1998 年松花江流域发生百年不遇的特大洪水，2000-2003 年哈尔滨市 12 县(市)又连续出现大范围的持续性严重干旱<sup>[10-13]</sup>；2005 年春季出现罕见的春涝影响全市大田播种，夏季又出现呼兰区和巴彦县局地大暴雨导致的山洪和局地内涝，这些气象灾害都造成了严重的人员伤亡和重大财产损失。由此可见，气象灾害对国民经济的破坏作用和影响是巨大的。因此，密切监测气象灾害的发生和发展，准确的预测预报气象灾害并提前发布预报和警报（提醒各级领导和主管部门提前采取预防措施），准确监测大范围旱涝灾害，客观定量评估受灾面积，可以为政府领导和各级主管部门在制定制度和指挥防灾减灾以及保护生态环境工作中提供科学依据。

现代气象科学对气象灾害的监测预警手段越来越发达，随着卫星、雷达、自动气象站等现代化设备应用到气象观测系统当中，人们对天气现象和气象灾害的监测预警方法有了实质性的进步，天气预报的准确率也越来越高，这些都为我们对气象灾害的监测预警研究提供了有利的条件。

卫星遥感技术的发展与应用，使人类可以从宇宙空间观测地球表面环境变化，卫星遥感原理和人眼的原理类似，就是利用卫星上的传感器对地球表面反射或发射的电磁波信息进行探测，再利用计算机对这些信息的处理分析从而得到地表图像或信息。但是卫星传感器比人眼看到的更多，它不仅能“看”到可见光，也能“看”到红外线，有的还可以“看”到微波等<sup>[14-22]</sup>。传感器可以将这些电磁波按特性进行分段探测，在遥感中称为波段或通道。大部分传感器设计了几个甚至几十个通道，不仅可以探测到地表的物体，还可以探测大气中的水汽和尘埃，有的甚至可以探测到水下的物体；传感器不仅可以探测到物体的颜色，还可以探测到物体的温度。

卫星运行在几百公里的高空，不同的传感器对地面的分辨能力是不同的，例如资源卫星的地面分辨率为几米~几十米，可以满足地质勘探、海岸线绘制、农林业调查等需求；气象卫星的地面分辨率为几百米~几公里，可

以满足大面积农业监测、大气探测、台风监测等需求；而军用卫星的地面分辨率则更高，一般为几十厘米~1米，有的甚至更高。卫星遥感技术与地球信息系统的结合使用具有视域广和准确及时连续的特点。通过采用卫星遥感监测技术，可以迅速的监测到指定地区环境现状，地表面植被变化和各类气象灾害发生发展情况，以及受灾情况评估分析，为预防和减少气象灾害造成的损失提供可靠的科学依据。

卫星遥感监测在我国起步是比较早的，早在70年代初，我国还没有自己的气象卫星时，国家卫星气象中心就利用接收别国的气象卫星资料，开始了我国的卫星遥感监测工作。随着我国气象事业的发展，卫星遥感监测工作也有了很大的发展。我们有了自己的气象卫星，巨型计算机代替了计算能力只有每秒100万次的微机，而以传真图片传输信息的方式也被网络代替。目前，我国的卫星遥感监测服务已经业务化，并且在台风、森林草原火灾、洪涝灾害、沙尘暴监测以及其他各项国民经济建设中起到了重要作用。对洪涝灾害的监测是卫星遥感监测服务的一项重要内容。在1991年江淮大水中的成功服务则让人们认识到了卫星遥感监测的作用。当时还没有其他的手段来监测灾情的发展，而国家卫星气象中心利用气象卫星遥感资料，把各个县的水情监测情况制作成灾情信息图像，从中可以看出水体所占面积的比例，使指挥决策部门能够及时掌握水情的发展，为指挥决策提供了重要依据。此后，遥感监测服务在历次的洪涝灾害监测中都发挥了重大作用，如1996年华北大水、1998年长江和嫩江、松花江大水等。目前，利用气象卫星遥感监测获得的信息已成为各级领导指挥决策的重要依据。

在没有卫星遥感监测之前，对森林草原火灾的监测，主要是靠了望台进行人工监视和利用远红外探测仪监测，只能监测方圆几十公里的范围，但由于我国国土面积广大，森林的分布又比较分散，监测起来非常困难，而利用卫星则可以大大加强火情监测能力。气象卫星遥感监测第一次在这方面发挥重要作用，是为扑灭1987年大兴安岭火灾提供服务，当时利用卫星遥感监

测所获得的信息成为扑火指挥部的主要依据。

台风和沙尘暴是危害较大的两种灾害性天气，在对这些严重威胁人民生命财产安全和影响国民经济发展的灾害的监测中，卫星遥感监测更是发挥了重要作用。在没有卫星遥感监测时，对于台风尤其是形成于远海的台风，人们无法知晓，更不能了解其强弱和移向等，造成很多被台风突然袭击的情况，1922年一个在广东汕头登陆的台风曾造成6万人死亡的悲剧，而现在有了卫星遥感，台风一经形成就处于卫星的监测之中，尤其是静止卫星，观测频次高，可以进行连续性的观测，对台风的位置、强弱和移向等都可以作出比较准确的监测和预报，避免了很多悲剧的发生。

近年来，随着发生频率的增高，沙尘暴已经成为人们关注的焦点之一。但沙尘暴多形成于较荒凉地区，观测站点少，监测起来比较困难，而用卫星遥感监测则可以弥补这方面的不足。用卫星进行遥感监测，不但可以监测沙尘暴的源地、路径，对载沙量进行研究，将遥感信息输入地理信息系统中，还可以估计出受沙尘天气影响的程度，为防灾减灾和灾害的治理提供依据。

此外，在雪灾、干旱、植被、渔情、泥沙、暴雨以及海冰等方面的监测中，卫星遥感监测都发挥了不可替代的作用。而且对大雾等灾害性天气、城市化进程以及城市热岛效应的监测也在研究之中，在不久的将来即可投入业务应用。

更为可喜的是，由我国自行研制发射的风云系列气象卫星，已经成为我国进行遥感监测的主要资料来源，并且在工作中积累了大量成功的经验，培养了许多高素质的专业技术人才，为卫星遥感监测服务在将来发挥更大的作用奠定了基础。

从1998年开始在中国布网新一代多普勒天气雷达系统。多普勒天气雷达原理多普勒效应是澳大利亚物理学家J. Doppler 1842年首先从运动着的发声源中发现的现象，多普勒天气雷达的工作原理即以多普勒效应为基础，具体表现为：当降水粒子相对雷达发射波束相对运动时，可以测定接收信号与

发射信号的高频频率之间存在的差异,从而得出所需的信息。运用这种原理,可以测定散射体相对于雷达的速度,在一定条件下反演出大气风场、气流垂直速度的分布以及湍流情况等。这对研究降水的形成,分析中小尺度天气系统,警戒强对流天气等具有重要意义。

1991至1997年<sup>[23-25]</sup>,美国在全国及海外布网的165台NEXRDA被称为天气雷达系统的典范,是目前世界上最先进的和最精确的天气雷达系统。它所采用的多普勒信号处理技术和自动产生灾害性天气警报的能力很强。NEXRAD可以自动形成和显示丰富多彩的天气产品,极大地提高了对超级单体、湖泊效应、雪、成层雪、雷暴、降水、风切变、下击暴流、龙卷、锋面、湍流、冰雹等重大灾害性天气的监测和预报能力。对强雷暴的侦察率是96%,对龙卷的发现率是83%,对龙卷警告的平均预警时间是18分钟,而在未建NEXRDA网络之前,美国国家上述参数的平均值分别是60%,40%和2分钟。从中可以预料CINRDA将从根本上增强探测强雷暴的能力,能较早地探测到晴空下威胁航行的大气湍流和发生灾害性洪水的可能,并为水资源的管理决策提供极有价值的信息。

中国多普勒天气雷达技术开发起步较晚,上个世纪80年代末开始进行多普勒天气雷达的研制和在气象业务上的试用,90年代中期中国气象局正式将多普勒天气雷达作为新一代天气雷达列入气象业务探测系统的发展规划,新一代天气雷达,是指中国气象局布网的CINRAD雷达系列的多普勒天气雷达,S波段多普勒天气雷达有CINRAD/SA、CINRAD/SB、CINRAD/SC等;C波段多普勒天气雷达有CINRAD/CB、CINRAD/CC、CINRAD/CD和CINRAD/CCJ<sup>等</sup><sup>[26-29]</sup>。新一代多普勒天气雷达能满足24小时连续运转、无人值守以及20年产品使用寿命的要求;其精确度、可靠性、实用性均比过去的天气雷达有了质的飞跃,它的探测能力和总体软硬件水准已接近国际先进水平。

本文以极轨静止卫星地面接受系统、多普勒雷达探测系统为基础,采用卫星遥感技术、多普勒雷达探测数据结果应用技术、本地地理信息系统和统

计数学模型相结合等,通过对影响哈尔滨市生态环境较多的冰雹、局地暴雨、大雾、沙尘暴、干旱等气象灾害的监测数据的分析和研究,对这些气象灾害的发生发展过程以及可能对生态环境产生的影响结果进行预测评估,为政府部门应对气象灾害决策提供信息服务。

## 第二章 气象灾害监测和预测评估分析

### 2.1 干旱灾害卫星遥感监测评估

#### 2.1.1 干旱对生态环境的影响

干旱是因长期少雨而空气干燥、土壤缺水的气候现象。通常所说的旱灾，是指因久晴无雨或少雨，降水量较常年同期明显减少而形成的。其干旱程度的确定均与前期降水量、干旱持续日数、地下水位以及农作物种类、品种及其生长发育时期等有密切关系。因此，干旱的具体指标因地因时因农作物而异。干旱可影响到人类社会经济活动的各个方面特别是农业。据统计，近40年来全国农田受旱灾面积平均每年达3亿亩以上，约占全国受灾总面积60%；减产粮食数百亿斤；其次是造成水资源不足，例如华北地区，近30年来由于降水量呈现减少趋势，加上长期以来对地下水超采，水位逐年下降，沿海一些城市出现地面下沉，海水倒灌现象。这一切不仅已成为很多大中城市进一步发展的制约条件，严重影响工农业生产的发展，甚至会危及整个城市的安定。长期干旱还会使生态环境恶化，诸如沙漠化、风蚀加剧等。

干旱在我国一年四季都会发生，而且持续时间长、涉及范围广、潜在危害大。严重的旱灾不仅对农业生产影响大，而且直接影响社会经济发展，恶化人们生存条件。据统计分析，我国受旱面积50年代为1.7亿多亩，90年代年均3.64亿亩，因旱损失粮食50年代年均43.5亿公斤，90年代年均195.7亿公斤。干旱始终困扰着我国经济、社会特别是农业生产的发展。

干旱除了直接影响农业、牧业、工业、交通外，还可能造成环境的恶化。干旱使河流断流，造成鱼类死亡，不仅使得鱼类基因储备减少，还使更多的鱼类赖以生存的水生物死亡。干涸的沼泽和滩地使水鸟失去栖身之地，引起大批水鸟死亡。干旱的影响如果连续多年，再加上人类活动的作用，则可能导致水资源的持续减少。目前世界上许多国家出现了水资源短缺现象，中东地区的水资源缺乏更使该地区的矛盾激化。在中国北方干旱、半干旱和半湿润地区，湖泊水位持续降低，水面缩小甚至干涸，冰川退缩和变薄，地下水位降低。在沿海地区，近年来海水入侵已至陆域内100千米~200千米，直接经济损失达每年200亿元。这些现象的出现都与持续干旱和人类活动密切相

关,世界银行 1995 年指出,因为干旱,占世界人口 40% 的 80 个国家,正面临着水危机。发展中国家约有 10 亿人口喝不到清洁水,每年约有 2500 万人死于饮用不清洁水。

世界上最严重的旱灾可以说是 60 年代末开始的发生在东非苏丹和萨赫勒地区的特大干旱了,这次干旱一直到 80 年代末才结束,持续时间长达 20 年之久,其中又以 1972 年~1975 年、1982 年~1983 年的干旱最为严重。这次干旱的严重程度已经达到了难以用言语形容的地步——地下水干涸、河流断流,面积为 2.5 万(千米)<sup>2</sup> 的乍得湖面积缩小了一半,牲畜大量死亡,如埃塞俄比亚的牲畜在 70 年代初损失 90% 以上。干旱直接导致饥荒,因饥饿和疾病死亡的人数达几十万<sup>[30-31]</sup>。

## 2.1.2 干旱卫星遥感监测评估方法

### 一、基本原理

本研究使用美国 NOAA 系列气象卫星资料和中国风云气象卫星资料,NOAA 系列气象卫星携带改进的甚高分辨率辐射仪(AVHRR)有 5 个探测通道,其中通道 1 为可见光波段(0.58~0.68  $\mu\text{m}$ );通道 2 为近红外波段(0.725~1.1  $\mu\text{m}$ );通道 3 为中红外波段(3.55~3.95  $\mu\text{m}$ );通道 4、5 为热红外波段(10.3~11.3  $\mu\text{m}$ , 11.5~12.5  $\mu\text{m}$ ),其星下点分辨率约为 1.1km。

不同性质的地表有其自身特有的光谱分布特点。绿色植物的主要光谱反射特点是:绿叶中的叶绿素在 0.7~1.3  $\mu\text{m}$  可见光谱段有 2 个强吸收谷,其反射率较小(一段小于 20%);但在 0.7~1.3  $\mu\text{m}$  的近红外波段,由于叶肉海绵组织结构中有许多空腔,因此具有很大的反射表面,而且细胞内叶绿体呈水溶胶状态,其反射率较大,可达 60%。NOAA 系列气象卫星 AVHRR 探测器通道 1 波长位于植物的可见光吸收区,通道 2 位于近红外强反射区,将这两个通道探测组合起来便可以得到各种植被指数,适合于监测地面植被变化。

### 二、土壤湿度的遥感模型

土壤湿度遥感模型是基于土壤的热惯量,即土壤温度的日较差。这种模型虽然在中国已被广泛应用,但很难在一年四季中应用,主要原因是,随着植被覆盖度的增加,遥感精度迅速降低,在高植被覆盖情况下几乎不能应用。在计算日较差时,要求下午 2:30 及午夜 2:30 当卫星过境时天空都要无云,

而且卫星轨道都要满足星下点（或准星下点），这样获取卫星图像的可能性大大降低，但这种方法仍是目前干旱遥感监测中定量水平最高的，对裸露土壤湿度遥感精度可达到 60%，根据农业气象观测规范，它可以给出土壤干旱的绝对等级。

1) NOAA 气象卫星遥感监测土壤湿度的原理

对于裸露土壤用热红外方法遥感监测土壤湿度是基于热传导方程：

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial T}{\partial Z^2} \quad (1)$$

其中， $k = \frac{\lambda}{Ca\rho}$ ， $\lambda$ 为热传导率， $Ca$ 为土壤热容量， $\rho$ 为土壤密度

这里 T 为土壤温度，t 为时间，Z 为土壤深度此热传导方程的边界条件为：

$$T_0(t) = \bar{T}_0 + \Delta T_0 \sin \omega \cdot t \quad (2)$$

其中 $\bar{T}_0$ 为日平均温度， $\Delta T_0$ 为0cm的地表温度日较差， $\omega$ 为角频率。

解方程后，得到热惯量表达式：

$$P = \frac{B(1-A)}{\Delta T_0} \quad (3)$$

其中 P 为热惯量，即卫星间接遥感量， $\Delta T_0$  为每日最高温度与最低温度之差，A 为全波段反照率，B 为常数。

通常采用统计方法建立土壤水分遥感模型，目前国内大多是建立的线性模型。我们的研究认为幂函数模型比线性模型好，因为它的物理意义与公式（3）的数学表达式相一致，试验结果也表明拟合精度也比其它函数的拟合精度高，主要有线性模型和幂函数模型，分别为

$$Sw = a + bp \quad (4)$$

$$Sw = aP^b \quad (5)$$

其中 SW 为土壤湿度，a, b 为拟合系数，P 为热惯量，在业务应用中为了简化计算直接使用日较差，拟合公式变成：

$$Sw = a + b\Delta T \quad (6)$$

$$Sw = a\Delta T^{-b} \quad (7)$$

## 2) 气象卫星遥感土壤湿度的深度限制

对土壤的热性质进行分析时,可知土壤含水量越高,土壤的热传导率越大,土壤的热容量也大;对于同样加热率,土壤湿度越大,白天土壤表面受热时热量容易向深层传递,夜间冷却时,深层热量也容易往上传,所以潮湿土壤白天表层温度低而夜间高。土壤中的水分既控制热传导率,也控制热容量,这与公式(3)表达的结果相一致。土壤温度的升高,不但决定与土壤水分,而且取决于热量收支的各项变化,即与公式(3)中的反照率A有关。土壤干燥时,在地面辐射额中,反照率A增加,消耗于蒸发的热量减少,干燥土壤热传导率变小,传给下面的热量也少。把所有因素考虑进去后,热量收支差额增大,使得白天的温度增高,进而使式(3)中的A值增大。

以上分析只限土壤表层温度的变化,而未设涉及深层温度的变化,在热传导方程中用了边界条件和不变化的初始条件。事实上土壤温度的日较差 $\Delta T$ 是随着土壤深度变化的,表层日较差最大,越向深层,日较差越小,到一定深度后,日较差将为0,这个深度通常称为日变化消失层。对于不同含水量的土壤,日变化消失层在30至100cm之间。通常深度每增加10cm,出现最高和最低温度的时间滞后2.5-3.5小时。而有植被覆盖的土壤,各个深度的日较差将减小。各个深度的日较差同时还受到地面风和大气乱流的影响,风加强地面和大气间的热交换,使日较差变小。

土壤日较差的消失层是不固定的<sup>[32]</sup>,它随着纬度、季节、土壤性质而异,通常低纬度日变化消失层深于高纬度,夏季深于秋季,这是因为热量收入多的地区和季节,向下传递的热量多,日变化消失层就深。水分含量大的土壤日变化消失层比水分含量小的土壤日变化消失层深。

一天中地表温度与大气温度有很大的差别。中午,地表温度高于大气温度;而午夜,地表温度低于大气温度。地表温度变化的幅度要比大气温度的变化幅度大,地表温度变化的周期是随着土壤深度变化的。由于地表温度以温度波的形式自表面向地下传播,所以地下各个深度的土壤温度也存在周期的变化。

在气候变化的研究中,用解热传导方程(1)得到不同深度的土壤温度振幅与土壤温度的变化周期关系为:

$$T_z = T_0 \exp\left(-\frac{z\sqrt{\pi}}{\sqrt{\tau} K_s}\right) \quad (8)$$

其中  $T_z$ ,  $T_0$  分别是  $Z_{cm}$  和  $0_{cm}$  的温度振幅,  $Z$  是土壤深度,  $\tau$  是周期,  $K_s$  是与热传导率、热容量相关的常数。将式(8)作进一步变换并对  $\tau$  微分取极值,得到公式:

$$Z_m = \sqrt{\frac{\tau K_s}{\pi}} \quad (9)$$

我们把  $Z_m$  定义为最大信息层,即对于固定温度变化周期,当达到这个深度以后温度变化消失,一定的深度  $Z_m$  对应一个温度振荡周期。从公式(9)中可以看出,周期越长,最大信息层的深度越深,一天的周期其深度只有十几厘米。所以企图建立一个通用的解析模型是困难的。即便使用同一天的资料建立的统计模型,也只能适用其表层。由于  $K_s$  随着时间变化,建立稳定的统计模型也是困难的。所以目前土壤湿度的遥感精度最高不超过 85%。

### 2.1.3 干旱卫星遥感监测预测评估结果

对于干旱情况使用热惯量原理,利用最高气温与最低气温的温差和土壤湿度值<sup>[33-36]</sup>,采用回归计算得出方程系数,可以是线性方程也可以是幂次方程,然后采用方程系数代入原方程得出拟合率最高的,按照该系数和方程客观化到整张极轨卫星云图上,计算得出土壤湿度值,按照国家划分干旱的标准,分别计算出不同级别干旱灾害的分布情况。

以哈尔滨市气象局接收处理的 2003 年 NOAA 气象卫星 AVHRR 数据资料和哈尔滨市 12 个县(市)的气象观测资料及土壤湿度资料分析结果为例。对哈尔滨市 2003 年干旱情况使用热惯量原理,利用最高气温与最低气温的温差和土壤湿度值,采用回归计算得出方程系数,然后采用方程系数代入原方程得出拟合率最高的,按照该系数和方程客观化到整张极轨卫星云图上,计算得出 12 县(市)的土壤湿度值,按照国家划分干旱的标准,分别计算出哈尔滨市 12 个县(市)不同级别干旱灾害的分布情况(表 2)。

日较差 $\Delta T$ 的计算方法

由于地球表面的温度在 273-330K 之间（对土壤湿度监测而言），其普朗克常数在 8-12 $\mu m$  范围，所以采用 AVHRR 第 4 通道遥感陆地表面温度较为理想。计算 $\Delta T_0$ 、P 时必须使用每天的最高及最低气温。而实际上卫星遥感难以获得这两个值。地表温度的日变化的振幅并非按标准的正弦函数变化。实际上最高气温通常出现在 14 时左右，而最低气温一般出现在 05 时左右。NOAA-12 卫星获得最高地表温度和最低地表温度时间分别是 14 时 30 分和 02 时 30 分。所以 NOAA-12 卫星只能获得准日较差。

统计模型的建立

以 2003 年 5 月 14 日为例来说明，利用哈尔滨市和 12 县（市）的最高与最低温差和土壤湿度值，建立数学模型。其中 x 代表土壤湿度，y 代表最高与最低温差（表 1-1）。

表 2-1 2003 年 5 月 14 日监测的哈尔滨市及 12 县（市）的土壤湿度值和最高与最低温差

Tab.2-1 The monitored data of soil moisture value and temperature difference between max and min of Harbin and 12 counties (cities) in May 14<sup>th</sup>, 2003

X (%)	75	63	86	70	86	83	80	84	99	74	76	65	81
Y (°C)	10.5	20	19	16	13.5	14	18	19	18	17	17	16	14

如表 2-1 建立数学模型，得到方程为  $Y=1000/(83.7743-0.8818*X)$ ，其中系数 A 为 83.7743，系数 B 为 0.8818。

表 2-2 2003 年 5 月 14 日哈尔滨市及十二县的干旱等级分布

Tab.2-2 the drought grade distribution of Harbin and other 12 counties in May 14<sup>th</sup>, 2003

县（市）	重旱（%）	中旱（%）	轻旱（%）	正常（%）
双城	0.0	70.2	29.8	0.0
哈市	0.0	87.5	12.5	0.0
呼兰	0.0	90.7	9.3	0.0
巴彦	0.0	58.6	35.5	5.9
木兰	0.0	32.2	45.5	22.3
通河	0.0	6.0	51.9	42.1
依兰	5.7	51.1	31.1	12.1
阿城	0.0	42.7	28.9	28.4
宾县	0.0	63.4	26.6	10.0
方正	0.0	6.5	65.2	28.3
延寿	2.0	47.2	42.3	8.1
尚志	0.0	8.5	48.7	42.0
五常	0.0	2.6	44.1	53.3

从 2003 年 5 月 14 日卫星遥感监测结果分析(图 2-1)，黑龙江省的耕地、林地面积为 470240.66 平方千米，干旱总面积为 400136.34 平方千米，占 85.1%。其中重旱面积为 15329 平方千米，占耕地面积的 3.26%；中旱面积为 214571.7 平方千米，占耕地面积的 45.6%；轻旱面积为 149895.20 平方千米，占耕地面积的 31.9%。全省有 14.9% 为正常。

哈尔滨市 2003 年 5 月 14 日干旱遥感监测实况分析(图 2-2)：哈尔滨市的耕地、草地和林地面积：53025 平方千米，干旱总面积为 39291.43 平方千米，占 74.1%。其中重旱面积为 212 平方千米，占 0.4%；中旱面积为 18081.53 平方千米，占 34.1%；轻旱面积为 20997.9 平方千米，占 39.6%，其中双城、呼兰、巴彦、木兰、依兰、通河等地旱情比较严重。

对 2003 年 6 月 22 日干旱灾害卫星遥感监测评估分析结果(图 2-3)：全市重旱面积为 2809.44 平方千米，占总面积的 4.8%；中旱面积为 18495.48 平方千米，占 31.6%；轻旱面积为 12818.07 平方千米，占 21.9%；与 5 月 14 日相比，大部分县(市)旱情比较严重，重旱面积扩大(呼兰、依兰部分)。只有 38.2% 是正常的。



图 2-1 黑龙江省 2003 年 5 月 14 日干旱遥感监测图

Fig.2.1 drought remote graph of Heilongjiang Province in May 14<sup>th</sup>, 2003



图 2-2 哈尔滨市 2003 年 5 月 14 日干旱遥感监测图

Fig.2.2 drought remote graph of Harbin in May 14<sup>th</sup>, 2003

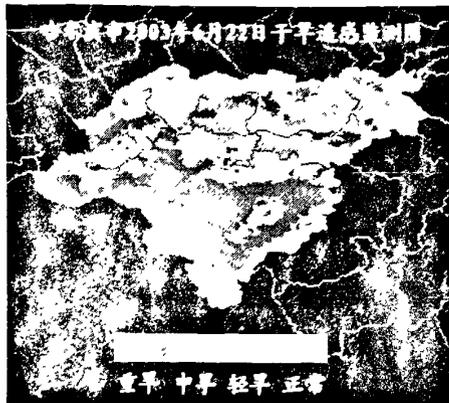


图 2-3 黑龙江省 2003 年 6 月 22 日  
干旱遥感监测图

Fig.2.3 drought remote graph of Heilongjiang  
Province in June 22<sup>nd</sup>, 2003

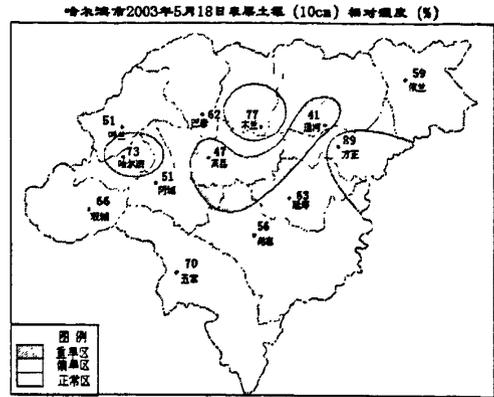


图 2-4 哈尔滨市 2003 年 5 月 18 日  
表层土壤 10cm 相对湿度 (%)

Fig2.4 The relative moisture of surface  
10cm soil of Harbin in May 18<sup>th</sup>, 2003

2004 年 3 月上旬遥感卫星旱涝监测结果显示 (图 2-5), 西北部处于干旱状态, 其它地区基本为正常或偏涝状态。全市总面积为 52951.08km<sup>2</sup>, 其中轻旱面积为 6501.05 km<sup>2</sup>, 占总面积的 12.3%, 正常或偏涝面积为 46446.41 km<sup>2</sup>, 占总面积的 87.7%。



2004年3月上旬哈尔滨市遥感卫星旱涝监测图

Fig 2.5 The monitoring graph of drought and flood in first ten days of Mar 2004 of Harbin

2005 年 4 月 18 日遥感卫星土壤湿度监测结果显示 (图 2-6): 西部处于偏旱状态, 其它地区正常。总体来看, 土壤墒情良好。

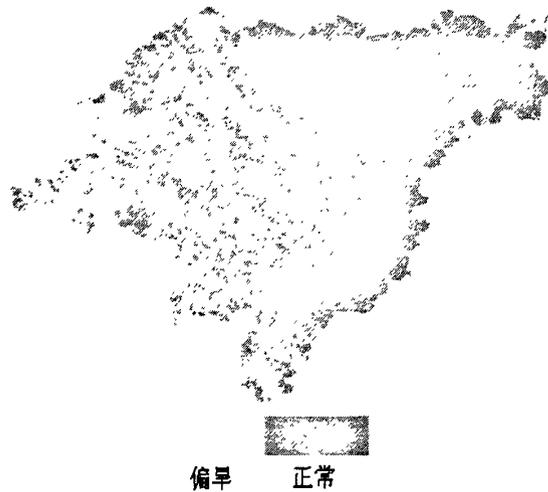


图 2-6 哈尔滨市 2005 年 4 月 18 日遥感旱涝监测

Fig 2.6 The drought and flood remote monitoring of Harbin in Apr 18<sup>th</sup>, 2005

## 2. 2冰雹监测分析

冰雹是黑龙江省春末夏初常见的一种灾害性天气，具有尺度小、发展迅速等特点，只用常规天气资料预报难度大，因此要结合卫星云图和多普勒雷达资料等中小尺度探测工具，才能较好的预报出冰雹等强对流天气。

### 2. 2. 1 冰雹对生态环境的影响

冰雹灾害常伴随着暴风雨<sup>[40-43]</sup>，可以造成农作物减产甚至绝产，同时也可以对房屋、林木、汽车、人畜等造成损害。其特点是：突发性强，难以防御。由于雷暴大风的移动速度快，而且在移动中迅速加强，往往云到风雹到，倾刻之间，狂风大作，冰雹倾砸，大雨滂沱，来势凶猛；危害时间短。一般影响某地的时间仅几分钟，很少超过半小时；危害范围较小。一般风雹灾区的范围是长条状的，长度从几百米到几公里，最强的可达上百公里，宽约 1-2 公里；破坏性大。由于风强、雹砸，所经之地，往往房倒屋损，树木电杆倒

折,农作物被毁;出现频次高。据统计,我国风雹平均每年有1000多县次,最长达2150多县次,波及29个省(区、市),最少也有600多县次。虽然每次风雹灾害范围小,但灾情重、频次高,出现范围广,危害严重。

1986年5月20日,重庆市遭受强雷暴大风袭击,荣昌、大足等6个区县先后出现8级以上大风和冰雹,雹块像鸡蛋大,普遍出现暴雨,其中荣昌县2小时最大降水量达125.7毫米。这次雷暴大风过程历时仅5个半小时。受这次过程影响,死亡90人,房屋倒塌6万余间,成灾农田46万亩,粮食损失620万斤,电杆倒折1.5万根,造成部分地区停电停水,交通中断,直接经济损失约2亿元。。

2003年6月18日15点10分、17点10分,五常市的红旗、牛家、拉林、兴隆、沙河子等乡镇先后两次遭受了历史罕见的暴雨冰雹袭击。雹线由西北向东南铺天盖地而来,风力达7级左右,暴风雨夹杂着冰雹湍流而下,持续时间最长40多分钟,最短15分钟,最大直径2.5厘米,路边积雹厚度4厘米。作物严重受损,部分电力设施被毁坏,路基及边沟雨水形成径流,积水达半尺,低洼地块被淹。据统计,五常市五个乡镇有22个村94屯18500户57000口人受灾。受灾面积194100亩,成灾面积135240亩,其中1至3成灾58860亩,3至5成灾27100亩,5至8成灾32793亩,8成以上绝产面积75347亩。造成直接经济损失3000万元。

6月18日下午17点15分左右,阿城新华镇利平、长红、先锋、五星四个村的农田遭遇了历史上罕见的冰雹袭击,如鸡蛋大的冰雹持续下了30多分钟。通过调查,受灾面积28000亩,涉及1600户,6050人,受灾地块中:近70%的玉米(11900亩)绝产,损失大约360万元;80%的大豆(6400亩)绝产,损失大约190万元;经济作物全绝产,损失大约580万元。三项损失共计1050万元,灾情非常严重。

### 2.2.2 冰雹监测分析方法

冰雹、暴雨等强对流灾害性天气是由中小尺度天气系统造成的,给人类

的生命和财产造成严重损失。这种系统的空间范围小,只有几十千米到 500km 左右,时间尺度短,少则十几分钟,最多也不超过一天。用常规资料无法进行及时准确的分析。用时空分辨率高的静止卫星云图,不仅可以观测大范围云系分布,而且可观测中小尺度云系的发生发展、成熟和消散演变的全过程。卫星图象是通过辐射计测量太阳、地球和大气所发射的散布在空间的电磁辐射而得到的。所有的固体、液体和气体都发射电磁辐射。辐射源越热,其发射辐射的强度就越大。辐射源的温度可以根据其发射辐射的强度来计算。太阳所发射辐射的波长比冷得多的地—气系统所发射辐射的波长短。地—气系统发射辐射的波长集中在  $3\sim 100\mu\text{m}$  之间,位于红外谱区。辐射强度的最大值在  $11\mu\text{m}$ 。本文是借助  $11\mu\text{m}$  红外图象来确定对流云型(造成冰雹、暴雨)是深厚的(冷云顶)还是浅薄的(暖云顶);在白天,也可以借助  $3.7\mu\text{m}$  的近红外图象(AVHRR 通道 3)来确定云的组成成分(低反射率对应着冰晶或大水滴,高反射率对应着小水滴)。

#### $T_{bb}$ 与 $T_{bb}$ 梯度

亮温  $T_{bb}$  是指卫星云图中云顶的亮温,  $T_{bb}$  值越低,云顶温度越低,云顶越高,对流活动越强,产生冰雹的可能性越大。在黑龙江省当云顶亮温  $\leq -22^\circ\text{C}$  时,就会有冰雹发生。相对于云顶亮温  $T_{bb}$ , 云顶温度梯度是表征降雹的更重要的指标。云顶温度梯度大,说明云顶的纹理丰富,起伏剧烈,也说明了对流的旺盛发展。采用  $3\times 3$  的象素宽度来计算云顶温度梯度,其表达式为:

$$G = \{ [T_{i+1,j} - T_{i-1,j}]^2 + [T_{i,j+1} - T_{i,j-1}]^2 \}^{1/2},$$

式中  $T$  为温度,  $i, j$  为象素坐标。对于降雹云团分析发现,在降雹云团区域内的  $T_{bb}$  梯度同云顶亮温有较好的负相关关系,也就是云顶亮温较低的区域云顶温度梯度较大,而云顶亮温较高的区域云顶亮温梯度较小。可以判断冷涡

云系或冷锋云系中  $T_{bb} < -26^{\circ}\text{C}$  且  $G > 10$  的区域是冰雹云团的易发生区。在冷涡云系或冷锋云系中根据  $T_{bb} < -26^{\circ}\text{C}$  且  $G > 10$ ，作为冰雹云团的易发生指标。

产生冰雹的强对流云团是在一定的大尺度背景天气系统内发生、发展和演变的，黑龙江地区的冰雹绝大部分都与冷涡相伴随。冷性涡旋云系的出现标志着高空冷涡的强盛。高空冷平流加之低层暖湿空气的活跃，以及地面受太阳辐射加热，使大气层结极其不稳定，促进了强雷暴云的发展，导致冰雹的产生

在大的天气背景下判断出黑龙江省在冷涡云系或冷锋云系的影响下，根据卫星云图资料，得出整张云图中各点云顶亮温  $T_{bb}$ ，根据云顶亮温梯度公式  $G = \{ [T_{i+1,j} - T_{i-1,j}]^2 + [T_{i,j+1} - T_{i,j-1}]^2 \}^{1/2}$  计算出各点的梯度值，然后根据指标“ $T_{bb} < -26^{\circ}\text{C}$  且  $G > 10$ ”来判断出降雹的关键点。可以按照该指标来客观化全国范围内的卫星云图，结合哈尔滨市地理信息系统对于哈尔滨市地区的预测应该更准确。

冰雹分析预测软件采用 VC++6.0 进行编程，实现了云图显示，可以以肉眼直观的方式判断出冷涡云系或冷锋云系的有无以及位置；对于黑龙江省上空的冷涡云系或冷锋云系，可以执行冰雹预测过程。选择菜单中“冰雹预测”按钮，然后通过计算得出降雹的关键点，由计算机自动绘出图像——即冰雹预测的图像，该图以颜色来区分有无冰雹，红色代表有冰雹，白色代表没有冰雹。显示方式可以是全国区域范围，还可以放大到东北三省、黑龙江省和哈尔滨地区。

### 2.2.3 冰雹监测分析及预测评估结果

通过对冰雹监测分析及预测评估方法，结合 2003 年 6 月 18 日 16 时

NOAA-12 极轨卫星三通道数据及哈尔滨市地理信息系统合成图像进行分析。如图 2-7 所示，哈尔滨东部是减弱的低涡云系，西部五常阿城交界是一弧形云线、哈尔滨以南还有两个泡状对流云团。通过极轨卫星可以看到在减弱的低涡云系内部，有大量的泡状云团存在，说明云系中下层有较强的上升运动，而弧形云线往往形成在前期天气晴好，接收阳光辐射较多的下垫面上。这是由于低空本来就含有大量水汽，吸收了大量的阳光辐射后，变得温暖潮湿，而高层还处于干冷气流控制下，气团极不稳定，强对流天气极易发生。

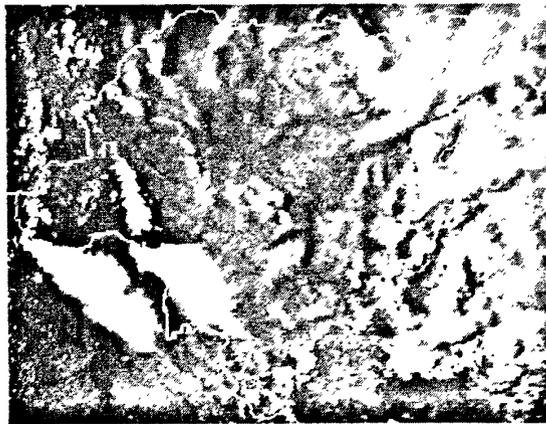


图 2-7 2003 年 6 月 18 日 16 时 NOAA-12 三通道合成图像

Fig.2.7 The NOAA-12 three-channel synthesized graphs on PM 16 Jun 18<sup>th</sup>, 2003

冰雹分析预测软件结果  $T_{bb} = -33^{\circ}\text{C}$  且  $G=16$ ，预测在 2003 年 6 月 18 日，哈尔滨地区五常、阿城一带有强雷暴单体发展，移动缓慢，厚度达到 10 公里以上，极易产生冰雹天气。结果 6 月 18 日 15 点 10 分、17 点 10 分，五常市的红旗、牛家、拉林、兴隆、沙河子等乡镇先后两次遭受了历史罕见的暴雨冰雹袭击。

## 2.3 局地暴雨监测分析

### 2.3.1 局地暴雨对生态环境的影响

暴雨是降雨强度很大的雨。单位时间的降雨量称降雨强度。中国气象部门规定：24小时雨量大于或等于50毫米者为暴雨；大于或等于100毫米者为大暴雨；大于或等于200毫米者为特大暴雨。世界上最大的暴雨出现在南印度洋上的留尼汪岛，24小时雨量为1870毫米。中国最大暴雨出现在台湾省新寮，24小时雨量为1672毫米。特大暴雨是一种灾害性天气，往往造成洪涝灾害和严重的水土流失，会诱发形成较重和严重的泥石流。导致工程失事、堤防溃决和农作物被淹等重大的经济损失。

暴雨的危害主要有两种<sup>[44-47]</sup>：

- 1) 渍涝危害。由于暴雨急而大，排水不畅易引起积水成涝，土壤孔隙被水充满，造成陆生植物根系缺氧，使根系生理活动受到抑制，加强了嫌气过程，产生有毒物质，使作物受害而减产。
- 2) 洪涝灾害。由暴雨引起的洪涝淹没作物，使作物新陈代谢难以正常进行而发生各种伤害，淹水越深，淹没时间越长，危害越严重。特大暴雨引起的山洪暴发、河流泛滥，不仅危害农作物、果树、林业和渔业，而且还冲毁农舍和工农业设施，甚至造成人畜伤亡。暴雨会造成城市低洼地和立交桥积水，仓库受淹，电力中断，引起交通阻塞，工厂停工、停产，大量产品受损，以及人员伤亡等事故发生，经济损失严重。我国历史上的洪涝灾害，几乎都是由暴雨引起的，像1954年7月长江流域大洪涝，1963年8月河北的洪水，1975年9月河南大涝灾，1998年我国全流域特大洪涝灾害等都是暴雨引起的。

湖北省 1983 年 6 月 11 日至 7 月 10 日的梅雨期间，出现全省性的大到暴雨天气过程 9 次，日雨量大于 100 毫米的大暴雨有 107 县次，大于 200 毫米的特大暴雨有 3 个县，造成山洪暴发，河水横溢，外洪内涝。据不完全统计，全省有 60 余县受灾，半数为重灾，半数为重灾，受灾农田约 2000 余万亩，绝收和改种的近 700 万亩，死亡人数近 400 人，其直接经济损失至少有 1 亿多元。

### 2.3.2 局地暴雨监测分析方法

本文利用对高空和地面形势图、卫星云图的分析，结合应用多普勒雷达回波特征的显示，通过对多普勒雷达回波强度和回波速度以及垂直水含量指标演变过程的了解，对暴雨进行预测分析。

#### 一、高空和地面形势分析

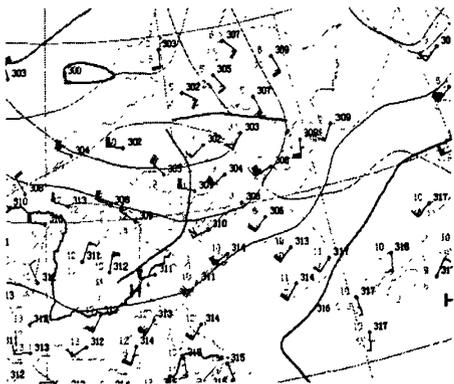


图 2-8 2006 年 7 月 27 日 08 时 700hpa 形势图

Fig.2.8 The situation map of AM 8 July 27<sup>th</sup>, 2006

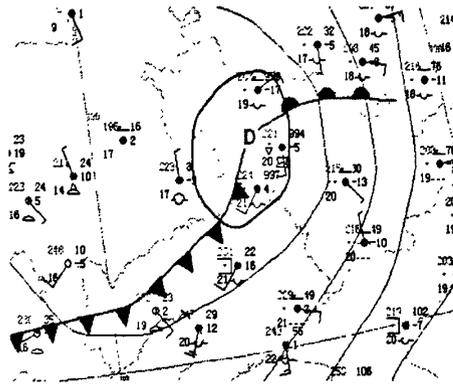


图 2-9 2006 年 7 月 27 日 11 时地面形势图

fig.2.9 The situation map of AM 11 July 27<sup>th</sup>, 2006

2006 年 7 月 27 日 08 时 700hpa 亚欧形势为一槽一脊型，黑龙江边缘漠河一带为一切变线，如图 2-8 所示，位置为东经 120 度北纬 47 度至东经 130 度北纬 42 度之间，副高位于日本海附近，暖湿气流沿渤海向北输送，对应地面图南来低压的暖锋。05 时，由于系统移动缓慢，暖锋还未过哈市，降水

集中在辽宁一带，如图 2-9，到 08 时哈市处于暖锋的边缘，暖锋过境哈市，南来低压很强，西北气流和西南气流在哈市上空辐合。受低压系统的影响，从 11 时左右，哈市开始出现强性降水，降水量为 3~52mm..

## 二、卫星云图分析

7 月 27 日显示了暖锋云系的降水。暖锋云系由层状云和积状云组成，上面有一层卷层云，暖锋云系长约 100km 宽约 250km，副高西侧的暖湿气流是暖锋降水的主要因素，从云图中可以看到，暖锋云系的降水雨带长 100km 宽 30km，哈市全境几乎全处于在暖锋的降水雨带里面，到 15 时 30 分，暖锋向北抬升，哈市的主要降水基本结束。

## 三、物理量场的分析

### 1) 水汽条件和热力条件

短时暴雨过程中，上空的高空风为顺时针旋转，因此可以判定，暴雨为暖平流控制，有利于上升运动的发生，从高空图可以知道，气压随高度的递减率较快，气温的变化取决于温度平流的强度，由于受南来低压暖锋的影响，偏南气流在暴雨发生时是加强的。700hpa 图上西南风速变大。如图 2-10 所示为 700hpa 水汽通量和水汽通量散度的分布。

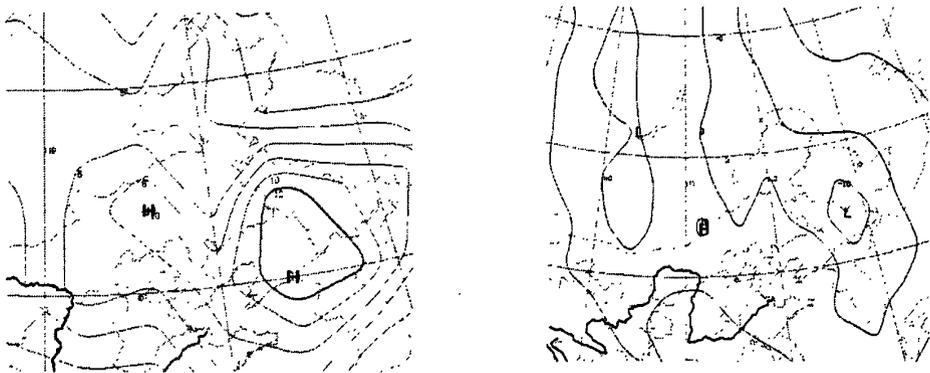


图 2-10 2006 年 7 月 27 日 08 时水汽通量和散度

Fig.2.10 The on AM 8, July 27<sup>th</sup>, 2006

### 2) 动力条件

降水强度的大小不仅取决于水汽条件，还需要垂直运动的配合。分析高空温度场和散度场的分布，可知暴雨区临近哈市上空。7 月 27 日 08 时，高层为负涡度，中低层为正涡度，散度的分布与正负涡度值相配合，出现了相应的负正散度值，造成高层辐散和底层辐合的流场形式。11 时高层辐散与低

层辐合有所加强。这种高层辐散与低层辐合的空间配置,有利于垂直运动的发展。而暴雨就产生在低层辐合和高层辐散的上升运动区。由此可知,暴雨的产生有低层辐合,高层辐散的特点。

#### 四、多普勒雷达资料分析

##### 1) 雷达回波速度场的特征

多普勒雷达<sup>[48-49]</sup>观测得到的暴雨相对平均径向速度场图,可以看出强对流天气的气流中辐合、辐散和旋转的特征。辐合(或辐散)在径向风场图象中表现为一个最大和最小的径向速度对,根据两个极值中心连线的长度、径向速度最大值、最小值及连线与射线的夹角,可以半定量地估算气旋(或反气旋)的散度和涡度,从而判断降雨的大小和移速。

结合2006年7月27日多普勒雷达观测得到的暴雨相对平均径向速度场图的分析,雷达站的西北部有大片的负速度区。10时36分起回波速度色标为深红色,并慢慢向桔黄色转变,到14时10分左右,在负速度区内出现了小的正速度区,并有明显的零速度环绕,即出现了逆风区。逆风区的出现表明此处风向发生了剧烈变化,发生了强的风切变。具有明显的辐合和辐散,逆风区随着西南气流快速向东北方向移动,随着冷空气的逼近,西北风加大,正速度中心呈西南—东北向的带状,与之相邻的负速度中心为-14m/s,这是一个风速辐合区,这个辐合区在象东南运动的过程中减弱,从12时10分开始出现暴雨,由此可见,从速度图上可以更早的得到对流风暴发展的信息。从而提前预报出灾害性天气。

对12时10分回波速度图进行分析可知,雷达西北出现负速度区,东南部有大范围逆风区,如图4b所示。到13时10分左右,负速度区域增大,由于冷色面积大于暖色面积,副高西侧的暖湿气流向雷达站移动。暖锋附近的径向速度等值线很密集,等值线的密集,说明西南的暖湿气流很强,随着时间的变化,风向发生了转变,产生风切变,超强单体正处于逆风区,发展很旺盛。从13时10分以前的速度图上可以很好的观测到气流的移动情况。

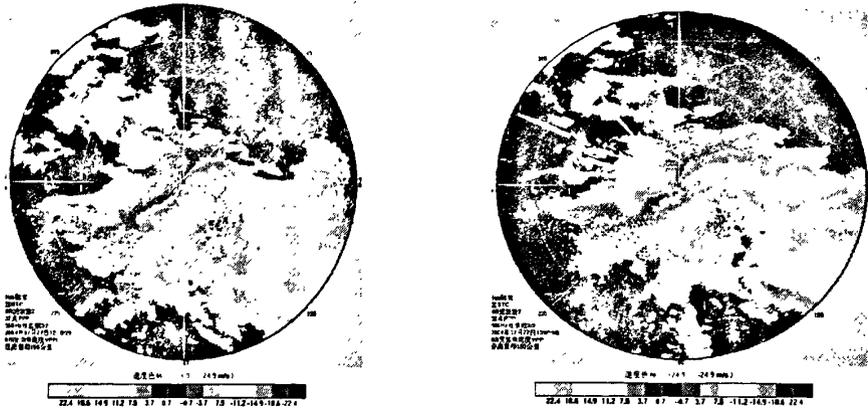


图 2-11 2006 年 7 月 27 日 12 时 10 分和 13 时 10 分速度

Fig.2.11 The velocity on PM 12:10 and PM 13:10, July 27<sup>th</sup>, 2006

在 14 时 10 分的回波速度图上，零径向速度出现了明显的折角，折角沿零线呈西北—东南向，并且有密集的多普勒速度等值线如图 6b 所示。东南部出现的逆风区开始加强，正速度中心长约 100km，宽约 40km，逆风区向南移动并且加强，随时间正速度区有所增多，正负中心和向径基本成对称排列，可以知道，在哈市出现强性的短时暴雨。



图 2-11 2006 年 7 月 27 日 14 时 10 分和 15 时 11 分速度

Fig.2.11 The velocity on PM 14:10 and PM 15:11, July 27<sup>th</sup>, 2006

### 2) 雷达回波强度演变特征

多普勒雷达观测得到的实时回波强度（即反射率因子）是判断强对流天气的重要参数。雷达通过接收降水粒子对于雷达发射的电磁波的后向散射回波，运用雷达气象方程计算回波强度。一般来说反射率因子大于 10—15dBZ

时即可产生降水，强降雨和暴雨的反射率因子一般大于 35—40dBZ，其回波图象具有特殊的形状特点。

结合 7 月 27 日雷达回波强度图，短时暴雨是由南来低压暖锋和切变线共同影响造成的。经分析，为特强的超级单体的对流性阵性降水。在 13 时 45 分，回波强度色标为桔黄色，强度达到 40bBZ 以上，到 14 时 04 分，西南方向出现的很明显的“V”型豁口为其典型特征，预示着哈市将有强性降水来临。

7 月 27 日 12 时 10 分，带状回波沿着西南气流向东北移动，回波在移动的过程中不断与周围的小块回波聚集并合并，中心强度为 45~50dBZ，在 13 时 10 分的图上看到，回波中心位于双城和五常的北部，而且在不断的加强，分别向西北和东南方向延伸，长 90km 宽 60km，呈宽带状，为东西走向，最大顶高 9km，最大反射率为 45dBZ，如图 2-12 所示

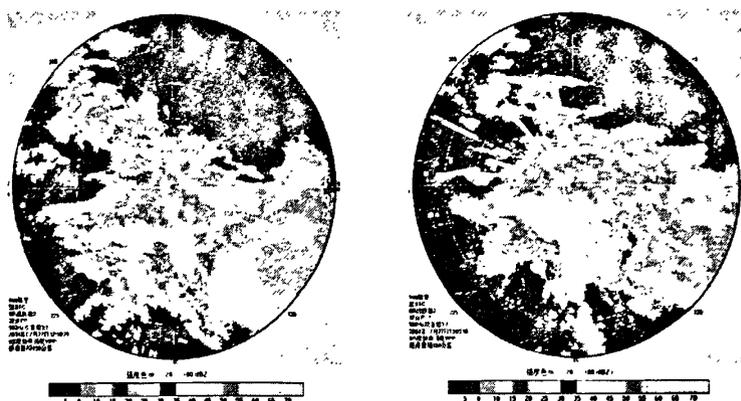


图 2-12 2006 年 7 月 27 日 12 时 10 分和 13 时 10 分强度

Fig.2.12 The intensity on PM 12:10 and PM 13:10, July 27<sup>th</sup>, 2006

从 14 时 10 分回波强度图上看到，回波强度中心处于双城东北、哈市的西南部，形状呈“V”型豁口，这是短时暴雨的典型特征，观测可知，此回波长 90km 宽 40km，往东北方向移动，速度较快，形状为月牙状，最大顶高 7km，最大反射率为 50dBZ，如图 6a 所示。到 15 时 11 分，回波中心移出哈市，强性降水基本结束。

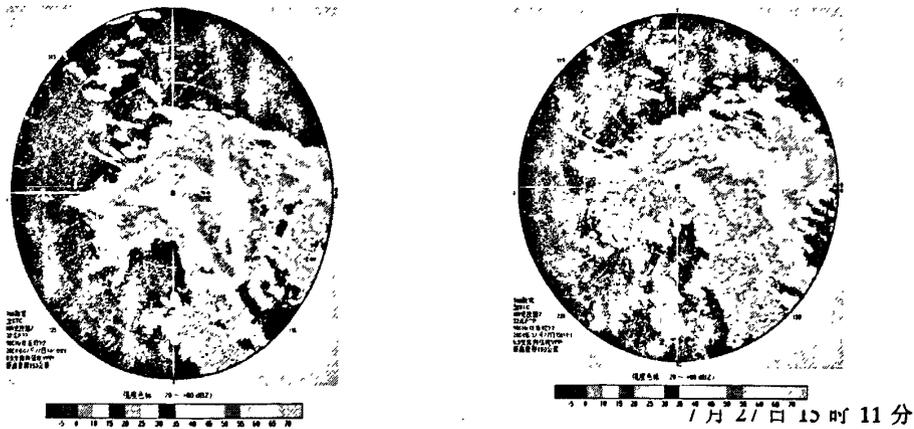


图 2-13 2006 年 7 月 27 日 14 时 10 分和 15 时 10 分强度

Fig.2.13 The intensity on PM 14:10 and PM 15:10, July 27<sup>th</sup>, 2006

### 3) 雷达垂直积分液态水含量 (VIL) 分析

雷达垂直积分液态水含量 (VIL) 表示将反射率因子数据转换成等价的液态水值, 它用的是假设所有反射率因子返回都是由液态水滴引起的经验导出关系。对每个仰角, 在每个 4km\*4km 格点上求液态水混合比的导出值, 然后再垂直累加。通过雷达垂直积分液态水含量计算, 可以估算降水大小, 能确定大多数强风暴的位置。

结合 2006 年 7 月 22 日雷达垂直积分液态水含量图分析, 从 12 时 10 分开始, 哈市以南出现四个水汽中心, 最靠近哈市的水汽中心在双城附近, 其余在榆树、五常和尚志。13 时 09 分, 双城附近水汽中心颜色为棕黄色, VIL 为 45kg/m<sup>2</sup>, 到 14 时 10 分左右, 水汽增强, VIL 达到 55kg/m<sup>2</sup>。15 时 11 分左右, 水汽中心远离哈市向北移动。VIL 的增值表明水汽移动的加强, 水汽自低层向上输送, VIL 的变化可以很好的预测暴雨的来临。

从 12 时 10 分, 水汽中心在双城和榆树附近, 随着风速的增强, 水汽向东北方向移动并且聚集, 到 14 时 10 分左右, 水汽聚集到最强, VIL 指标颜色转为棕黄色, 形状为带状, 长 40km 宽 20km, 呈西南—东北走向强中心垂直水含量为 4kg/m<sup>2</sup>, 如图 5 所示。

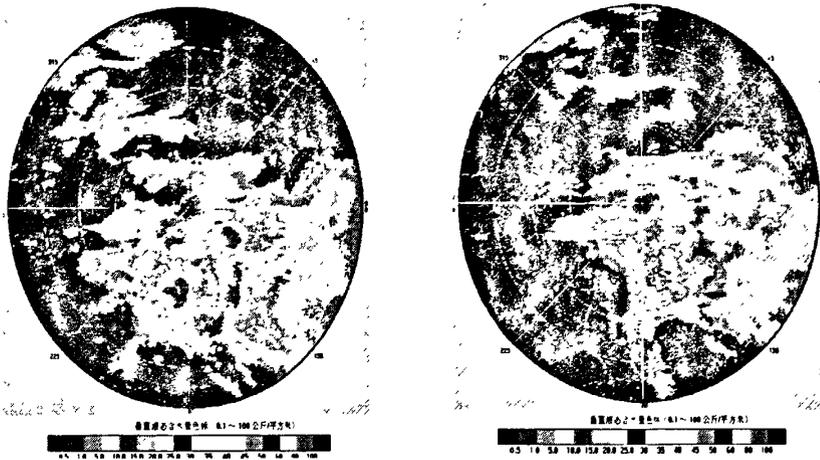


图 2-14 7月27日12时10分和13时10分垂直水含量

Fig.2.14 The vertical water content on PM 12:10 and PM 13:10, July 27<sup>th</sup>, 2006

14时10分左右，回波中心合并通过哈市，形状为月牙状水汽强度有所减弱，东西走向，长80km宽20km，强中心垂直水含量2kg/m<sup>2</sup>，到15时11分时，水汽中心偏离哈市，暖湿气流继续向北抬升，如图6c所示

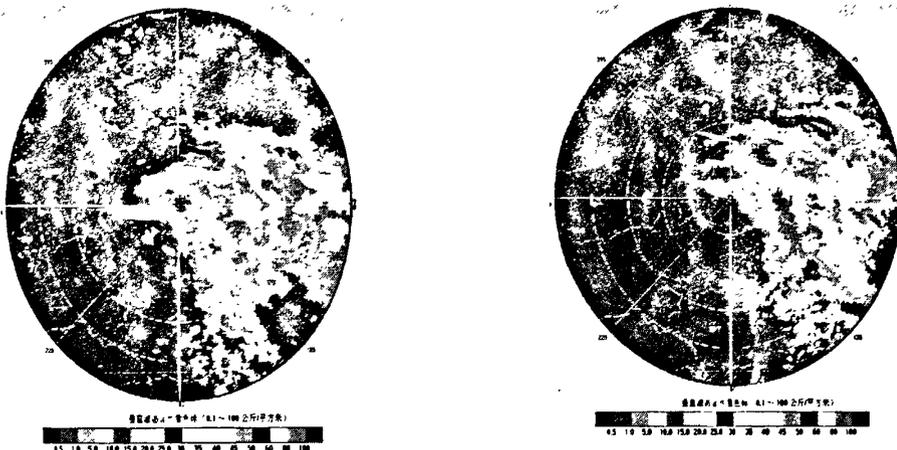


图 2-15 2006年7月27日14时10分和15时11分垂直水含量

Fig.2.14 The vertical water content on PM 14:10 and PM 15:11, July 27<sup>th</sup>, 2006

### 2.3.3 局地暴雨监测分析及预测评估结果

局地暴雨的监测分析和预测预报，是通过结合高空和地面的形势分析，

着重运用了多普勒雷达回波强度，回波速度以及回波垂直水含量指标演变和移动的规律，结合历史资料和典型事例，采用数值分析、数理统计的方法，形成局地暴雨的监测分析和预测预报评估系统。

应用结果：通过多种监测资料分析，预测 2006 年 7 月 27 日 12 时至 15 时哈尔滨有强降水。实际降水实况是：2006 年 7 月 27 日上午 10 时 36 分开始，到 19 时 59 分基本结束，历时约九个半小时，其中主要降水时间为 12 时 30 分--15 时 30 分，历时约三小时左右，哈市区普遍降水约为 50mm 左右。南岗降水 52mm，省气象台所在地香房区降水为 47mm，哈市区为降水中心，哈市 52mm，呼兰 29mm，巴彦 15mm，木兰 13mm，通河 6mm，依兰 3mm，方正 3mm，延寿 10mm，尚志 32mm，五常 30mm，双城 28mm，阿城 33mm。如图 1 所示。这次短时暴雨是由高空切变线配合南来低压暖锋而造成的。副高位于日本海附近，副高西侧暖湿气流的抬升带来哈市的降水。

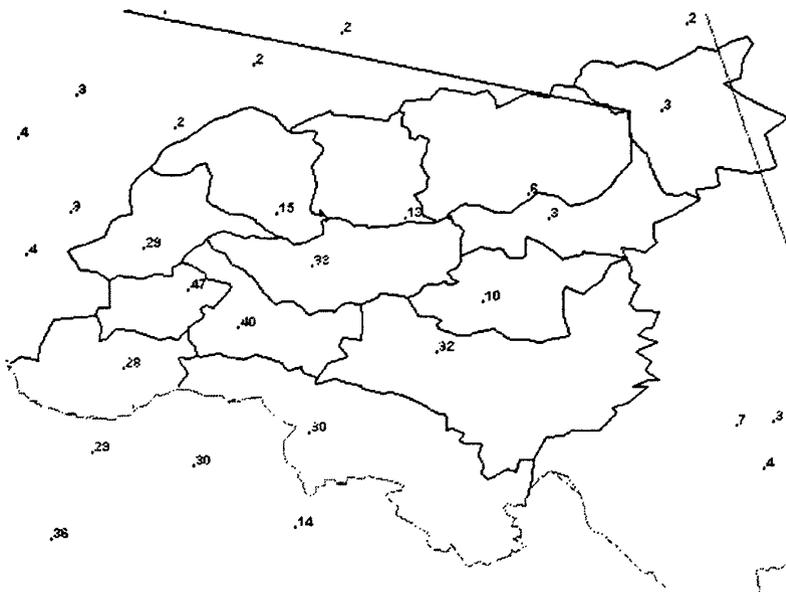


图 2-16 7 月 27 日哈尔滨市 13 县市降水量

Fig.2.16 The precipitation of 13 consisted counties or cites on July 27<sup>th</sup> of Harbin

实际降水灾情：2006 年 7 月 27 日 12 时左右，哈市普降大雨，持续时间达三个小时，主要集中在 13 时-15 时，为今年以来最大降雨，这次大雨造成十几处路面塌陷，在珠江路一处人行道上塌陷 1 米深约 0.5 米的大坑，在顾乡大街 70 号门前的慢车道，友谊路加油站前的人行道也相继发生塌陷，在

海城街发生了一起路面塌陷事故中，车都陷进去了，而面积最大的塌陷出现在南岗区文明街 15 号路段。南马路一带积水达一米深；道外区南十五道街至南十八道街一带，香房区通天街路段积水三个多小时不退。消防部门共救出被积水围困的群众 80 余人。大雨造成全市 5 个路段拥挤严重，分别是道里，道外分界桥，香房木材市场附近的木材桥，南极街，动力区和和平桥和田地街局部，但并未引发事故。降雨使一些楼房的地下室及平房倒灌，造成多处地下室被淹。

## 2.4 沙尘暴监测分析

### 2.4.1 沙尘暴对生态环境的影响

沙尘暴（黑风暴）是大风扬起沙尘，水平能见度低于 1000 米的恶劣天气，属于沙尘天气（浮尘、扬沙、沙尘暴）中最强的一种。目前将沙尘暴强度划分为四个等级：即 4 级 $\leq$ 风速 $\leq$ 6 级，500 米 $\leq$ 能见度 $\leq$ 1000 米，称为弱沙尘暴；6 级 $\leq$ 风速 $\leq$ 8 级，200 米 $\leq$ 能见度 $\leq$ 500 米，称为中等强度沙尘暴；风速 $\geq$ 9 级，50 米 $\leq$ 能见度 $\leq$ 200 米，称为强沙尘暴；当其达到最大强度（瞬时最大风速 $\geq$ 25 米/秒，能见度 $\leq$ 50 米，甚至降低到 0 米）时，称为特强沙尘暴（或黑风暴，俗称“黑风”）。沙尘暴易发生于降水少而多大风的季节，多发生于沙漠及邻近的地区，中亚、北美、中非及澳大利亚是世界四大沙尘暴区，中国北方是中亚沙尘暴区的一部分。我国北方冬春季节，特别是春季，空气不稳定，多大风（冷锋活动），气温回缓解冻，干旱少雨而蒸发加剧，地表干燥裸露疏松，容易起沙。人类不当活动破坏植被和地表，增加了沙尘来源，是导致沙尘暴日益频繁的重要原因。塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠是我国沙尘暴的主要沙尘源区，沙尘向东南输送，

沙尘暴天气是我国西北地区和华北北部地区出现的强灾害性天气，可造成房屋倒塌、交通供电受阻或中断、火灾、人畜伤亡等，污染自然环境，破坏作物生长，给国民经济建设和人民生命财产安全造成严重的损失和极大的危害。沙尘暴危害主要在以下几方面：

#### 1) 生态环境恶化

出现沙尘暴天气时狂风裹的沙石、浮尘到处弥漫，凡是经过地区空气浑浊，呛鼻迷眼，呼吸道等疾病人数增加。如 1993 年 5 月 5 日发生在金昌市的强沙尘暴天气，监测到的室外空气含尘量为 1016 毫克/立方厘米，室内为 80 毫克/立方厘米，超过国家规定的生活区内空气含尘量标准的 40 倍。

#### 2) 生产生活受影响

沙尘暴天气携带的大量沙尘蔽日遮光，天气阴沉，造成太阳辐射减少，几小时到十几个小时恶劣的能见度，容易使人心情沉闷，工作学习效率降低。轻者可使大量牲畜患染呼吸道及肠胃疾病，严重时将导致大量“春乏”牲畜死亡、刮走农田沃土、种子和幼苗。沙尘暴还会使地表层土壤风蚀、沙漠化加剧，覆盖在植物叶面上厚厚的沙尘，影响正常的光合作用，造成作物减产。

#### 3) 生命财产损失

1993 年 5 月 5 日，发生在甘肃省金昌、威武、民勤、白银等地市的强沙尘暴天气，受灾农田 253.55 万亩，损失树木 4.28 万株，造成直接经济损失达 2.36 亿元，死亡 50 人，重伤 153 人。2000 年 4 月 12 日，永昌、金昌、威武、民勤等地市强沙尘暴天气，据不完全统计仅金昌、威武两地市直接经济损失达 1534 万元。

#### 4) 交通安全（飞机、汽车等交通事故）

沙尘暴天气经常影响交通安全,造成飞机不能正常起飞或降落,使汽车、火车车厢玻璃破损、停运或脱轨。

## 2.4.2 沙尘暴监测分析方法

### 一、沙尘暴卫星遥感监测原理

大气、水、土、岩石、沙尘灾害遥感监测模式及其形成机制的研究植被等介质中遥感信息特征与传输规律是遥感应用基础研究中的重要内容,是各种遥感方法的原理依据,是各类遥感图像正确识别、判释的关键之一。表征目标特性的遥感信息在传输过程中,与大气、水、土、岩石和植被等介质相互作用,并受到不同程度的干扰,可见,遥感信息的传输规律密切依赖于介质的特性。

电磁波与地球大气的相互作用由传播波的特性(主要是波长)、大气物理性质(气压、温度、悬浮粒子)及大气成分所限制。由于传输介质的三维性及相互作用机理的多样性(散射、吸收、发射及折射),要把相互作用机理模式化是很复杂的。沙尘暴的发生改变了遥感信息的重要传输介质一大气的特性,当利用卫星遥感技术对沙尘暴进行遥感监测时,遥感信息在沙尘暴影响区的传输是相当复杂的。根据辐射传输方程,在介质中特定地点,当波沿方向 $(\theta, \varphi)$ 越过距离  $dz$  时,强度  $I(z, \theta, \varphi)$  的变化包括下列基本内容:由于气体及悬浮粒子吸收引起的衰减:对应波的能量转化为热量,辐射强度损失为:

$$\frac{dI}{dz} = -a_a I \quad (2-24)$$

式中  $a_a$  是介质中所有气体及粒子的吸收系数之和。

部分波的能量被粒子散射,总能量不变,但沿 $(\theta, \varphi)$ 方向有强度损失。对应的辐射强度损失为:

$$\frac{dI}{dz} = -a_s I \quad (2-25)$$

由于介质热发射,有能量加到波上。该源项为:

$$\frac{dI}{dz} = \psi_t(z) = +a_a B(\nu, T) \quad (2-26)$$

式中  $B(u, T)$  是 Planck 函数:

$$B(\nu T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} = \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1} \quad (2-27)$$

式中： $h=Planck$  常数 $=6.626 \times 10^{-34} (Ws^2)$ ， $\nu=$ 介质发射波的频率(hz)， $c=$ 光速 $=2.9979 \times 10^8 (m/s)$ ， $k=Boltzmann$  常数 $=1.38 \times 10^{-23} (Ws/K)$ ， $T=$ 绝对温度(T)。

由于其它方向入射波的散射，在(B, 树方向上波得到的能量，这一源项是：

$$\frac{dI}{dz} = \psi, = a_s(z)J(\theta, \varphi) \quad (2-28)$$

$$J(\theta, \varphi) = \frac{1}{4\pi} \int_0^{4\pi} I(\theta', \varphi') P(\theta', \theta, \varphi', \varphi) d\Omega$$

其中 P 是描述散射场角分布的散射相函数。

综上所述。辐射传递方程可以写为：

$$\frac{dI}{dz} = -a_a I - a_s I + a_a B + a_s J \quad (2-29)$$

或用简洁的形式：

$$\frac{dI}{dz} = -a(z)I + \psi(z, \theta, \varphi) \quad (2-30)$$

式中将损失项和源项组合在了一起。辐射传递方程的一般解非常复杂，通常采用简化假定及数值解法。

沙尘中含有大量的矿物质(沙尘气溶胶)，它通过吸收和散射太阳辐射及地面和云层长波辐射来影响地球辐射收支和能量平衡，使得大气的浑浊度或能见度下降，在卫星探测器有关对沙尘暴敏感的通道上表现出了光谱特征的差异。

大气中散射现象的实质是电磁波在传输中遇到大气微粒而产生的一种衍射现象。因此，这种现象只有当大气中的分子或其它微粒的直径小于或相当于辐射波长时才发生。大气散射包括瑞利散射、米氏散射和无选择性散射三种情况。

当大气中粒子直径比波长小的多时发生瑞利散射，主要是由大气中的原子和分子，如氮、二氧化碳、臭氧和氧分子等引起。由于瑞利散射的特点是散射强度与波长的四次方( $\lambda^4$ )成反比， $I \propto \lambda^{-4}$ ，即波长越长，散射越弱，因此在可见光波段瑞利散射现象非常明显。

米氏散射是当大气中粒子的直径与辐射的波长相当时发生的散射。这种散射主要由大气中的微粒，如烟、尘埃、小水滴及气溶胶等引起。米氏散射的散射强度与波长的二次方( $\lambda^{-2}$ )成反比，即  $I \propto \lambda^2$ ，并且前向散射比后向散射更强，方向性比较明显。如云雾的粒子大小与红外(0.75~15  $\mu\text{m}$ )的波长接近，所以云雾对红外的散射主要是米氏散射。

无选择性散射是当大气中粒子的直径比波长小得多时发生的散射，这种散射的特点是散射强度与波长无关。

在可见光与红外波段，当大气中有云及沙尘粒子，辐射传递方程中散射源项对沙尘灾害遥感监测模式及其形成机制的研究有着重要作用，其中粒子的特征起着重要作用。沙尘粒子的辐射特性主要体现在沙尘粒子的粒径大小、形状、质地上，其中粒径大小是决定沙尘的尺度参数和它的散射特征的重要因素。造成中国沙尘天气的沙尘源地主要为西部沙漠、沙化农田、黄土高原以及中亚沙漠和蒙古高原，由此决定的沙尘质地主要为硅酸盐、石英、粘土等类物质。随着沙尘性天气强度的不同，沙尘粒子的分布跨度较大，从浮尘天气到沙尘暴，其沙粒半径：可以从 0.01 $\mu\text{m}$  到 100 $\mu\text{m}$  以上，其中造成影响的沙尘暴天气中，5 $\mu\text{m}$  以上半径的沙尘粒子占绝大多数。

沙尘粒子对太阳短波辐射的作用介于瑞利散射(大气分子)和米氏散射(云滴等)之间，在可见光波段，当比值  $r/\lambda \gg 1$ ，出现无选择性散射。另外，大气分子与微粒气溶胶对可见光有较强的散射，成为大气沙尘遥感的干扰因素。在卫星遥感探测器上感应到的沙尘区的反射率也介于晴空(瑞利散射)和云之间，同时悬浮在空中的沙尘粒子的发射特性不但与粒子的构成(直径大小和分布)有关，也与粒子的浓度有关。沙尘天气越强，空气中的大粒子沙尘越多。粒子半径越大，散射能量越集中在前向方向，吸收消光也同时增加，散射比下降。即当天空中大粒子沙尘增多时，光线被强烈吸收，能见度急剧下降。

气象业务中使用的气象卫星都携带有探测大气窗区反射辐射的通道和探测大气发射辐射的通道。这就说明，利用这些气象卫星有关通道的探测值，均可以遥感到下垫面(路面、海面、冰面、雪面和植被冠层)对太阳辐射的反射辐射和本身的发射辐射，而基本不受大气成分的吸收和发射的影响。而大气中悬浮有大颗粒的气溶胶和沙尘时，其情况又当别论。浓度甚大的气溶胶

和沙尘对太阳短波辐射产生很强的后向散射,足以明显地改变地气系统的反照率。同样,对长波红外辐射而言,它们在空中组成类似于云那样的物质表面,足以改变那里的长波发射辐射的分布。根据不同光谱波段上沙尘粒子的散射和辐射特性,可以有效地将沙尘层、云、地面等遥感目标物和干扰因素加以区分。在遥感数据中,可见光和近红外通道可用来测算下垫面的反射率,对地表植被、云和水体较为敏感。在 NOAA/AVHRR 数据的可见光通道,大气沙尘对它的影响往往要高于对近红外通道的影响,尤其在地表植被盖度较高时更为明显。热红外通道可以用来测算下垫面的亮度温度,在沙尘天气遥感中也有重要意义。地表加热状况、边界层热输送、沙尘层厚度、潜热转换以及辐射传递中的吸收消光等与沙尘天气的起因、强度和消散等有显而易见的关系,因此,在沙尘天气的遥感监测中,热红外辐射信息是重要变量。

## 二、沙尘暴形成的天气系统特征

### 1) 近几年的沙源地变化情况

我国的沙尘源地主要包括三个地区:①河西走廊西部和阿拉善地区;②内蒙河套以北地区及相邻的蒙古国南部地区;③内蒙中部的浑善达克和科尔沁沙地。

图 2-17 是遥感卫星图像经过颜色调整后的沙尘源地监测结果,图 2-17 可以清晰地看到我国及蒙古国中南部的沙源地分布及影响黑龙江省沙尘天气产生的主要传输路径。其中塔克拉玛干沙漠和浑善达克沙漠的沙源最丰富,范围也较大;而内蒙河套以北地区及相邻的蒙古国南部地区沙源相对较弱,但监测结果表明近年该区域范围扩张和强度加强趋势显著,同时该区域是影响我国北方地区沙尘天气的主要沙源地。

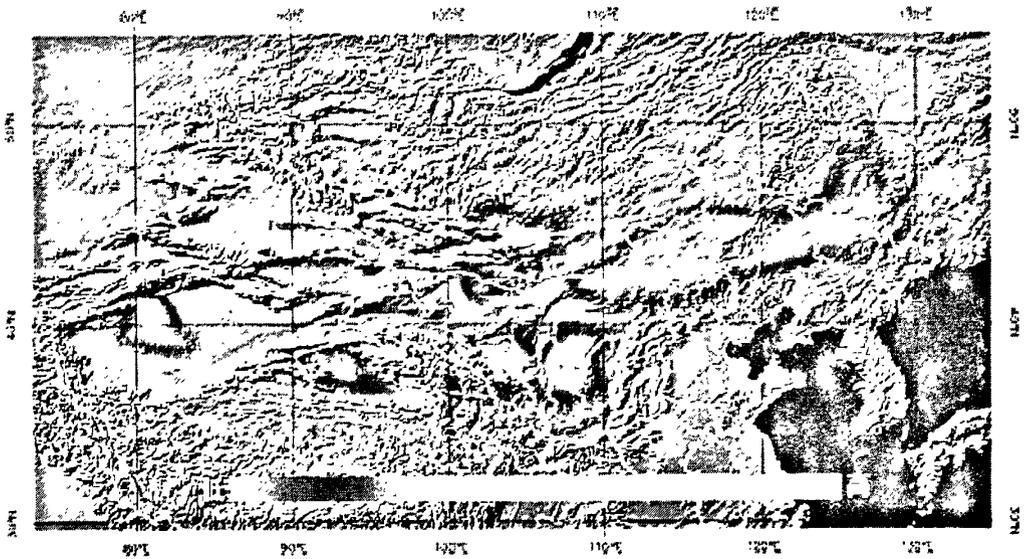


图 2-17 我国及蒙古国中南部的沙源地分布

Fig. 2. 17 The distribution of sand resource in China and central south Mongolia

图 2-18 可以看出能够到达哈尔滨的沙尘传输路径有三条，①从内蒙中部的浑善达克沙漠经由黑龙江省西南部直接进入哈尔滨市；②在内蒙中部起沙，经由科尔沁沙尘天气得到加强后，再进入哈尔滨市，该路径最有利于哈尔滨市产生沙尘天气，并且影响范围最大，程度最强；③内蒙河套以北地区起沙，经由华北北部及东北南部后进入哈尔滨市，该路径沙尘经过长途跋涉后略有减弱，但是在低空急流较强，本地源沙尘丰富时，仍会产生沙尘天气，影响范围偏东。显而易见无论哪种传输路径，到达黑龙江省的沙尘主要是由内蒙河套以北地区及相邻的蒙古国南部地区和内蒙中部的浑善达克及科尔沁沙地两大源地的沙源带来的，其中内蒙中部的浑善达克及科尔沁沙地是黑龙江省产生沙尘天气的最主要沙源地。

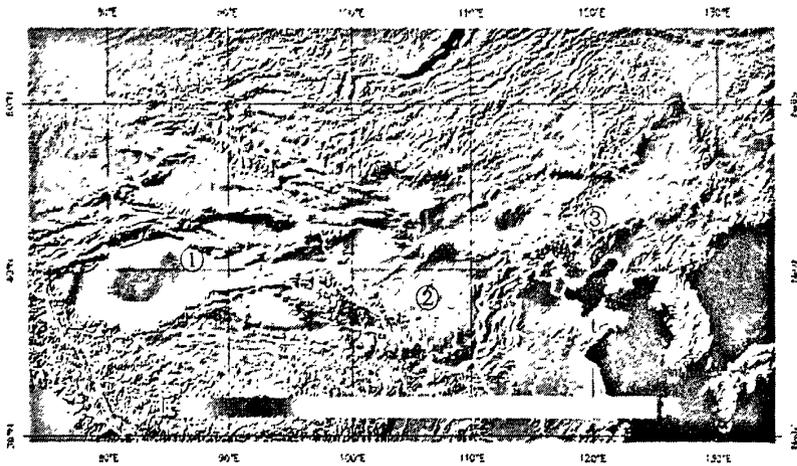


图 2-18 我国境内及内蒙中南部的沙尘源地区域图

Fig. 2. 18 The region graph of sand resource in China and central south Mongolia

2) 地理分布特征

统计分析 1980—2003 年哈尔滨地区沙尘资料发现，一年中沙尘天气出现最多的季节是春季，12 区（县、市）观测站年平均出现沙尘日数为 3 天，占全年总数的 82%；其次是秋季和冬季；夏季出现次数最少。由图 2 可见哈尔滨市沙尘总体呈东多西少分布，其中哈尔滨市出现次数沙尘的最多，而通河最少，形成这种分布的主要原因一方面是与沙尘源地的地理位置及传输路径有关，另一方面是由于山区复杂地形及各地的地表植被覆盖率以的影响。

3) 年变化特征

多年统计表明，哈尔滨 70 年代和 80 年代出现的沙尘日数较多，尤其是 70 年代年平均 4.5 天，80 年代为 4.1 天，而 90 年代最少，年平均只有 2.2 天，可一进入二十一世纪，2001—2003 年年平均沙尘日数骤增至 7 天。

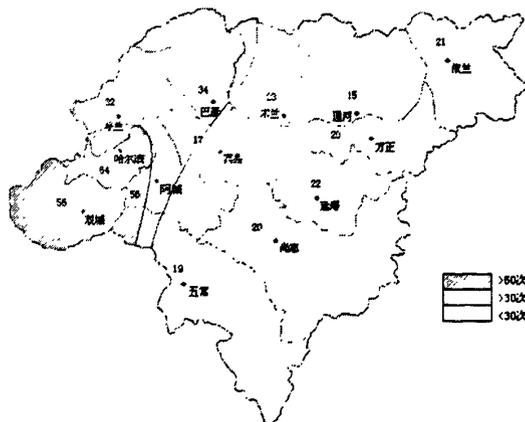


图 2-19 1980—2003 年哈尔滨春季沙尘天气多年分布图

Fig. 2. 19 The dust weather distribution map in spring from 1980-2003 of Harbin

#### 4) 日变化特征

根据哈尔滨市 1991—2003 年 3—5 月份原始观测的浮尘、扬沙和沙尘暴的出现时间及持续时间,分析得到的每个时次内的总次数。沙尘出现具有明显的日变化,16 时沙尘日数为 31 次,为最高值,而 20 时到次日 09 时出现沙尘最少(图略)。50%以上的沙尘出现在午后到傍晚,这和西北的沙尘暴和北京的扬沙出现的时间基本一致。

这种日变化说明沙尘的出现和热力不稳定有关。Richardson 数可以有效地表征大气湍流的强弱。

$$Ri = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial z} / \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]$$

Richardson 数与风和温度这个气象要素有关,不难看出,一般情况下,白天的湍流明显强于夜间,同样的粉尘颗粒白天所能达到的高度和距离明显大于夜间。由此可知沙尘天气出现的时间应集中于白天的原因。

#### 5) 产生沙尘天气的大气系统

影响哈尔滨的沙尘天气的大气形势,大体可分为西南路径、西来路径和偏南路径,同沙尘传输路径相吻合。其中西南路径与东北冷涡的强烈发展相联系,是哈尔滨产生沙尘天气的主要形势,占 91%左右;西北路径则与高空偏西急流相联系,地面配合高压的加强,哈尔滨处于高压的顶部,为强偏西风;南来路径由于两脊一槽的天气形势导致高空冷槽(或冷涡)维持少动并南下,其前部的偏南或东南大风造成的。

##### (1) 西北路径型

东北冷涡是造成黑龙江省恶劣天气的主要影响系统。春季因为冷暖空气在东北地区的对峙从而促使了东北低压迅速加强,地面低压甚至达到 7—8 根闭合等压线,前部出现 6 级以上的偏西或西南大风,产生大范围的沙尘天气。从沙尘出现的不同位置又可分以下两型。

##### a) 东北冷涡西型

高空 700Hpa (110—120° E, 30—50° N) 低槽强烈发展,或形成深厚的低涡,冷暖中心显著,槽前或槽底部为上升运动区。地面图上贝加尔湖到我省中部有低压强烈发展,中心在 120° E 以西,有三根以上的闭合等压线。

哈尔滨附近为偏西转偏南风切变或西南风转偏南风的切变。此时哈尔滨中部和西部地区出现沙尘天气。

以 2006 年 3 月 21 日沙尘暴监测图像（图 2-20）为例，对应地面冷锋的云带已东移到牡丹江，但涡旋云系的头部还在蒙古及内蒙的北部地区，在冷锋云带的后面是大片的沙尘区，图像分析可见本次大范围的沙尘天气从新疆沙漠地区开始，在高空急流的影响下，在我国西北的大部产生了沙尘暴。另一起沙源地是蒙古国中南部，沙尘区进入内蒙中部沙源后得到加强，之后呈狭长带状分布伸向东北，造成了齐齐哈尔南部、绥化南部及哈尔滨市的中西部的沙尘天气。



图 2-20 2006 年 3 月 21 日沙尘暴监测图像

Fig. 2.20 The monitoring graph of sandstorm on Mar 21<sup>st</sup>, 2006

#### b) 东北冷涡北型

高空 700hpa 东北冷涡较强，有 2 根以上的闭合等压线，冷涡中心在 115-135° E, 50° N 以北。黑龙江省中部以南地区处于东北冷涡的底部等高线密集区。哈尔滨处于地面强低压的东南部，10 个经距×8 个纬距内有 3 根以上等压线，此时哈市大部地区均出现了沙尘天气。

#### 偏西气流型

高空 700hpa 42-52° N 之间有强烈的平直西风气流，风速达 20m/s 或以上，有明显的低空急轴，当西风气流带上有冷槽滑过时，地面若有低压的加强，哈市出现 6 级以上的西南或偏南大风时常出现大面积的扬沙或沙尘暴。

2006 年 4 月 30 日到 5 月 1 日 700hpa 高空在 42-50° N 等高线密集，并

在哈尔滨市附近形成西西北风和西西南风的辐合区,因此5月1日风势加大,地面低压强烈发展。图2-21是2006年5月1日沙尘暴监测图像。沙尘在源地内蒙起沙后,横贯吉林省中部到达哈尔滨市东部及牡丹江地区,虽然此时地面为西南大风,但从遥感监测图像可以看出,此时的沙尘传输路径极为平直,同高空急流基本平行。由此可见高空的锋区和急流是沙尘的传输的必要条件,其在沙尘的传输过程中起到了决定性作用。

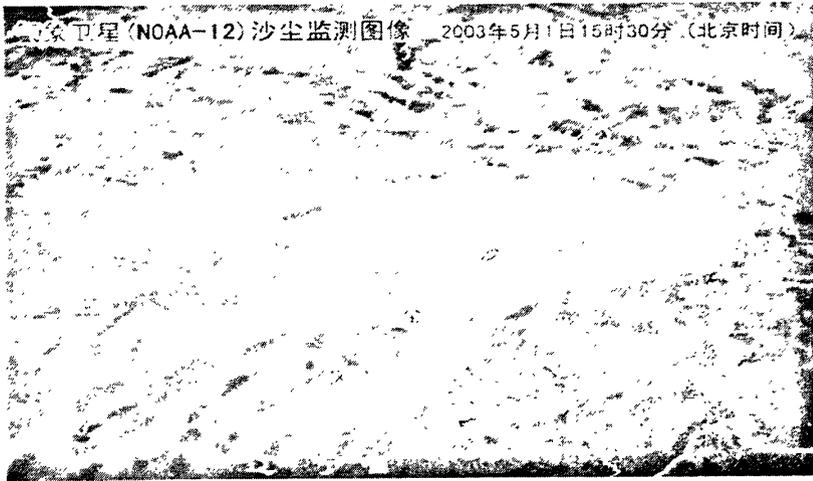


图 2-21 2006 年 5 月 1 日沙尘暴监测图像

Fig. 2.21 The monitoring graph of sandstorm on May 1<sup>st</sup>, 2006  
南来路径型

700hpa 高空亚欧大陆为两脊一槽。西脊在欧洲大陆,东脊在 130—140° E, 我省处于两脊间低槽(将发展成低涡)前部,通过谐波分析可以看出,两脊势力相当,均北伸超过 60° N, 并可以共同维持 2 天以上。该大气型保证了高空低涡移动受阻,缓慢南下至 40° N 以南,并且不断有西北来冷空气的补充,能量大量累积,因此可产生较强的南来大风。此时地面受高空引导气流的影响,低压南伸到长江流域,东部达朝鲜半岛,从朝鲜半岛到东北的大范围地区均为 5 级以上的偏南大风。

图 2-22 是 2005 年 4 月 7 日沙尘暴监测图像。可以看到此时云成涡旋发展成熟,涡旋中心仍然在黑龙江省的西部,但狭长的冷锋云带已经移到了俄罗斯的海参崴到我国的东海海面。在冷锋云带的后面对应低空急流的地方是呈带状分布的沙尘暴影响区。此次的沙尘暴最东部达到朝鲜半岛的西部,辽

宁、吉林的大部及黑龙江省的中部和东部。由于此次低空急流较强，此次的沙尘暴向北还影响到了黑河地区。虽然从高空和地面天气图看该型的沙尘暴是从东北地区的南部吹移到我省的，但从遥感卫星的监测图像分析，其源地仍可追溯到蒙古国中南部及内蒙河套北部地区。



图 2-22 2005 年 4 月 7 日沙尘暴监测图像

Fig.2.22 The monitoring graph of sandstorm on Apr 7<sup>th</sup>, 2006

### 2.4.3 沙尘暴监测分析结果

(1) 在 NOAA/AVHRR 数据的可见光通道，大气沙尘对它的影响往往要高于对近红外通道的影响，尤其在地表植被覆盖度较高时更为明显。热红外通道可以用来测算下垫面的亮度温度，在沙尘天气遥感中也有重要意义。地表加热状况、边界层热输送、沙尘层厚度、潜热转换以及辐射传递中的吸收消光等与沙尘天气的起因、强度和消散等有显而易见的关系。沙尘天气越强，空气中的大粒子沙尘越多。粒子半径越大，散射能量越集中在前向方向，吸收消光也同时增加，散射比下降。即当天空中大粒子沙尘增多时，光线被强烈吸收，能见度急剧下降。下垫面的亮度温度与沙尘暴的强度呈反比例关系。

(2) 东北冷涡的强烈发展是哈市产生沙尘天气的重要天气系统。相对地面天气系统，高空锋区和急流的位置和强度对沙尘的传输起到更关键的作用，进入东北的沙尘区常呈带状分布，与高空锋区和急流基本平行。

(3) 沙尘源地有外来沙源和本地沙源，内蒙中部的浑善达克及科尔沁沙

地是黑龙江省产生沙尘天气的最主要沙源地,外来沙源是哈尔滨大范围沙尘天气的必要条件。但目前本地沙源的作用也出现上升趋势。

利用 NOAA/AVHRR 卫星的遥感数据,结合天气系统形势分析,再与哈尔滨市历史数据和典型事例进行类比,运用数理分析的方法,可以对哈尔滨市沙尘暴天气进行预测和评估。

#### 2.4.4 沙尘暴防治对策

目前大量的研究结果表明,蒙古源区,以塔克拉玛干沙漠为中心的中国西部沙漠源区和以浑善达克及科尔沁沙地为中心的中国北部沙漠高粉尘源区,贡献了亚洲粉尘释放总量的约 70%,它们不仅是中国,也是亚洲沙尘暴的 3 个贡献量最大的源区,我们将它们称这为外地源。针对影响中国沙尘天气的外地源,我们应在沙尘主要输送路径,特别是山口建风力发电厂等,以减缓风速控制沙尘暴输送。

通过对源区进行防止耕地进一步荒漠化的治理和帮助包括蒙古国在内的广大沙化地区改善其植被条件,可以在一定程度上降低沙尘暴暴发的强度和频度。但同时还应搞好预测预报工作,将沙尘天气带来的损失减少到最小,而不是单纯毫无目标地到处种树。

在此项研究中,还发现哈尔滨市吹偏东风也曾出现过沙尘天气,其原因可能有两个:一是东部有沙源地或者有沙化的土地,也就是本地源;二是东风风速较大把南来的沙尘卷挟进来。但从这一点可见前期的乱砍滥伐及开荒种地已经对我国的天气产生了重要影响,空气质量也遭到破坏,因此增强环保意识,依法保护环境,退耕还林、还草,保护湿地等是杜绝本地沙源的根本举措。

防治沙尘暴还应积极发展人工增雨,合理利用水资源,加强荒漠化监测和管理。采取人工增雨措施可使降雨量增加 30%左右。应考虑加大对沙尘易发区气象观测设备与技术力量的投入,提高预报水平,以充分利用空中水资源。同时应统一规划、合理利用地表和地下水资源,防止流域内地区间争水和过度开发地下水,实现可持续发展。

## 2.5 本章小结

利用气象综合观测系统对各种气象要素及气象灾害的观测数据,对于旱、暴雨、冰雹、沙尘暴等气象灾害的监测预报方法进行了研究,采用了卫星遥感数据、天气图、雷达回波资料,结合了哈尔滨市历史数据及典型个例,对实时观测数据进行了分析,同时应用了哈尔滨市及所属县(市)的地理信息,使用了数学统计分析、数值预报模式、与历史数据及典型个例类比等方法对气象灾害对生态环境的影响进行了分析研究,建立了气象灾害监测预报评估系统,不仅可以提高哈尔滨市短时天气预报和临近灾害性天气警报等气象灾害预报的准确率,同时可以为政府部门应对气象灾害提供决策信息服务。

## 第三章 生态环境监测评估系统

生态环境问题是制约我省经济建设和社会发展的关键问题之一。近年来,由于人为因素、气候变迁等原因,我省灾害性天气增加,水土流失加剧,江河泥沙含量增加,干旱少雨,森林植被锐减,生态环境面临严重的挑战。而我省在生态环境保护方面的工作相对滞后,也没有一套行之有效的监测方法。改善生态环境,生态环境建设已经作为我省的重点任务之一。实施生态建设就需要建立一套可行的生态监测方法。生态监测是一项新的工作,也是今后环保工作的重点。如何在短时间内有效地监测生态环境变化,并对生态环境变化进行评估,进而宏观指导下一步的经济建设工作,提出具体的规划建议,是一个亟待解决的问题。我省环境条件恶劣,生态环境是一个庞大的,非常复杂的系统。要实现对这个庞大复杂的生态系统全面,及时,准确和客观的调查,监测和评价,现代遥感技术是最有效最好的办法。

### 3.1 遥感技术进行城市生态研究优越性及范围

遥感技术是以图像增强、信息传输和数据处理等技术的进步为优势的。对生态环境研究来说,其优越性可归纳为如下几点:

1、感技术可以洞悉地面调查的禁区和死角,把大面积的环境资源状况尽收眼底提高了调查的彻底性和全面性。

2、远距离观察对象的方式进行探测,因而不损害研究对象及其环境条件,保证了观测资料的客观性。

3、多点位,多谱段,多时相,多高度的遥感影像和“多次增强”的遥感信息。多点位成像,使人们对遥感影像进行立体观察成为可能;多谱段,一是指能获取从紫外、可见、近红外到远红外和微波等不同波段的信息,把不可见光转化为可见的影像或可以运算的数据,拓宽了人眼的观察领域,二是指把可见光波段划分为单色光或更小的波段,更详尽地暴露全色光现象的细节,提高了人眼的观察精度;多时相是指对同一目标进行多次的重复遥感,提供现象在时间轴上演化的轨迹;多高度就是指从地面,高地,低空,高空

及宇宙空间等不同高度对现象进行遥感, 为环境研究提供依据, 遥感信息的“多次增强”是指不同类型的遥感影像的各种匹配组合及其光学和数字处理, 即通过因素的综合和分解, 数据的运算和交换, 提高遥感分析的效率和精度。因此, 遥感技术在环境资源应用中能提供空间和时间上连续的区域性同步信息。这些信息在因素相关上具有综合性和系统性, 在时间演化上具有瞬时性或同步性, 体现了遥感技术应用的优越性。

## 3.2 城市生态遥感的科研内容及方向

### 3.2.1 城市土地利用现状及分析

遥感图像及数据广泛应用于城市土地利用现状的研究, 可采用多元回归分析方法建立地表反射指标的方程、利用方程中地物反射率的数量指标, 来分析地面覆盖率、住房密度等。

### 3.2.2 城市环境污染调查、环境监测及评价

利用遥感技术可以监测土壤污染; 观测大气对流层中的烟云分布, 确定大气污染源及排放强度; 确定大气污染源及排放强度; 可以监测出河流、海洋等水体的水质差异变化。因为水的温度、密度、颜色、透明度等的变化往往导致水体反射光的能量变化, 并在遥感图像上反映出来。如海面受到污染后, 被油污覆盖的水面, 蒸发受到抑制, 温度高于四周水面, 在图像上油污呈浅色。大工厂排出的废水有时形成一股污染流, 产生周期性的水团运动, 形成复杂的水混合和扩散现象, 也能反映在图像上。长期定域监测可以找出污染物排放及转化规律, 可以鉴定和综合各种污染源监测系统上的设备所提供数据的可靠性和运行效果。

### 3.2.3 城市气候及热岛环流研究

通过远红外遥感图像的彩色等密度变换, 可掌握城市地表辐射对温度的分布状况、温度的时相、季节变化规律及空间漂移特征的影响, 可以分析城市温度和其他热能消耗与城市布局、建筑物类型、人口密度等的关系。这种

多级、多时相的彩色热红外图像结合地面观测和常规气象资料，可以从下垫面的辐射温度状况详细分析城市热岛的时空分布特征、热岛强度、热岛成因等。在图像上，热源的位置、热扩散状况、高温区、低温区，均以不同的色彩显示出来。

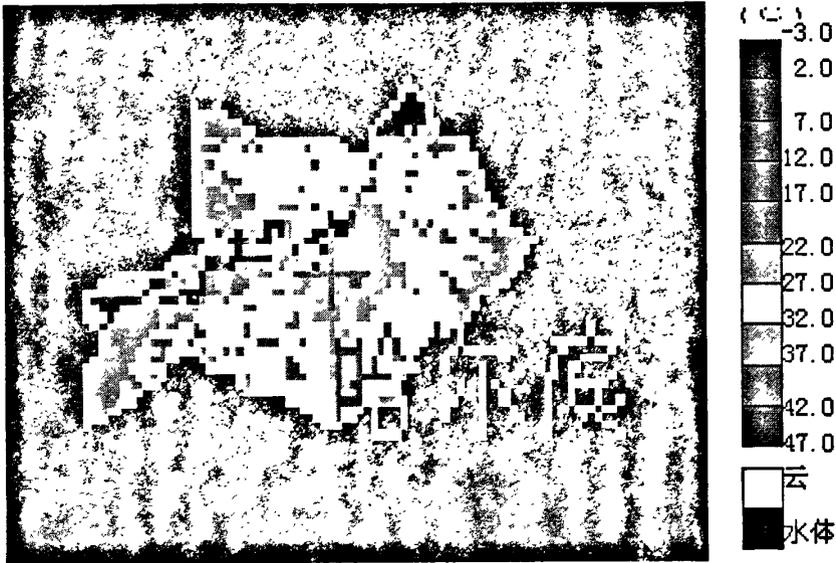


图 3-1 2005 年 8 月 7 日 13 时哈尔滨市热岛监测图

Fig. 3.1 The heat island monitoring graph of Harbin on PM 13, Aug 7<sup>th</sup>, 2005

实践证明，远红外扫描图像尤其是经过加色处理的彩色热图像，能给出连续的定量的温度信息，再现地表温度实况，且有较强的同步性。能取得遥感范围内任意点位、任意剖面、任意区域的温度分布，这是地面手段难以达到的。



图 3-2 2005 年 3 月 16 日 7 时  
54 分全省积雪监测图

Fig. 3.2 Snow cover monitoring graph of  
whole province on AM7:54, Mar 16<sup>th</sup>, 2005



图 3-3 2005 年 3 月 31 日  
7 时 27 分全省积雪监测

Fig. 3.3 Snow cover monitoring graph of  
whole province on AM7:27, Mar 16<sup>th</sup>, 2005



图 3-4 2005 年 3 月 16 日 7 时 54 分  
全市积雪监测图

Fig. 3.4 Snow cover monitoring graph of  
whole city on AM7:54, Mar 16<sup>th</sup>, 2005



图 3-5 2005 年 3 月 31 日 7 时 54 分  
全市积雪监测图

Fig. 3.5 Snow cover monitoring graph of  
whole city on AM7:27, Mar 16<sup>th</sup>, 2005

从 2005 年 3 月 16 日和 31 日极轨卫星遥感监测积雪分布面积图上可以看出，到 31 日积雪面积明显缩小，这是由于春季回暖，积雪逐渐融化的原因。3 月 16 日全省积雪面积为 136499.82 平方公里，全市积雪面积 15083.56 平方公里，到 3 月 31 日全省积雪面积为 90538.25 平方公里，全市积雪面积 1401.78 平方公里。

### 3.2.4 城市结构、边缘发展动态分析及城市区域规划

遥感图像分辨率高,用于城市区域规划调查及背景系列图件编制是有效的、可行的。

城市土地利用的结构、比例关系是不断变化的,及时地掌握其变化规律,是城市总体规划的前提。如商业区、住宅区、港湾区、旅游区、休养区及新开发区等,其变化在遥感图像上都有展示,利用这些信息以及将不同时期的信息进行复合,同时与原有的地形图进行对比,即可获得城市结构、动态变化的图件和依据。

另外,城市的布局 and 配置是否合理,也是现代化城市总体设计的重要内容,是城市环境研究不可缺少的部分。如果在城市中有地面塌陷坑,或有的积水,或有的荒芜,在影像上就呈蓝色或褐色的湖沼斑状特征,所以利用航片开展塌陷坑调查,对于废弃地再利用、开发布局和绿化环境将产生积极作用。

### 3.3 应用遥感技术分析城市生态系统的模式

利用遥感技术进行城市生态系统分析研究时可按下图列出的程序进行。上框代表城市生态系统,在该系统内研究者可根据自己所研究的问题限定参数,收集已有的信息(左框)和研究所需要的新信息(右框)。进行遥感分析时,首先要研究城市的形态和结构,

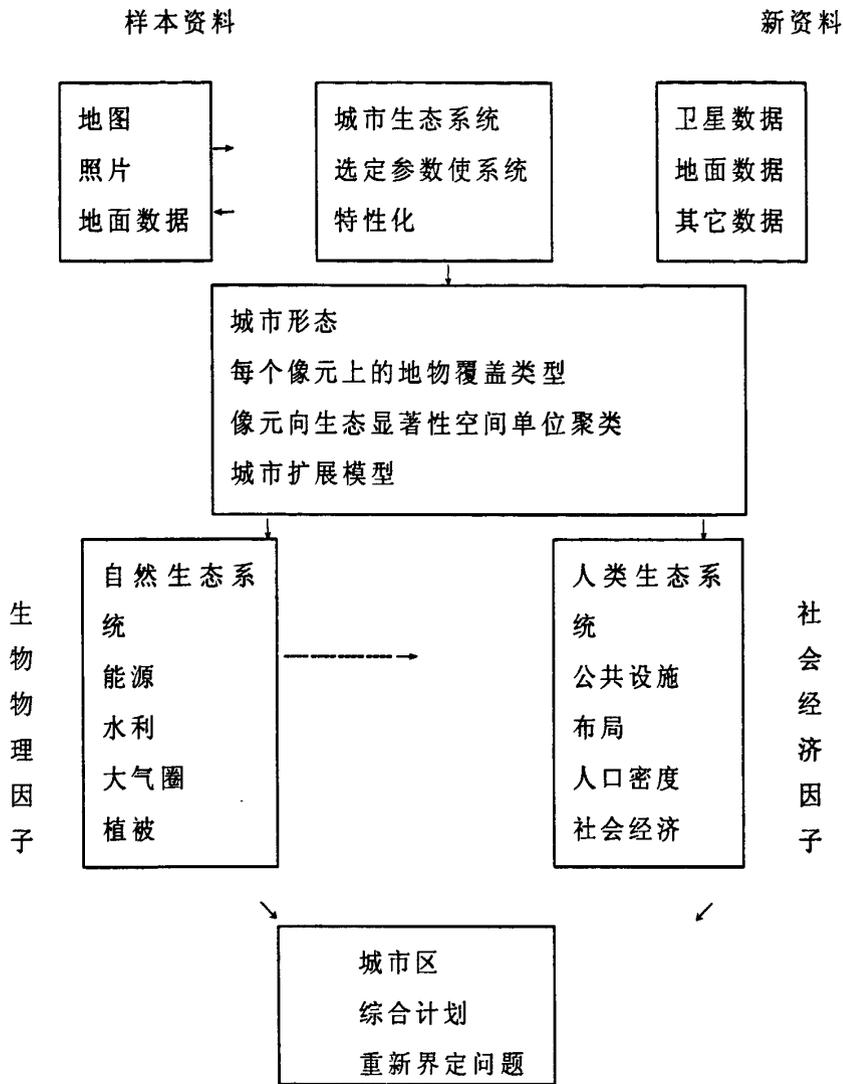


图 3-6 利用遥感进行城市生态系统研究程序图

Fig. 3.6 The research program graph of municipal ecology system by remote

以区别于城市周围或远离城市的环境。在此基础上，进一步分析和理解自然生态系统，以及人类生态系统，将研究信息反馈到城市区，以便排除问题，计划和确定下一步的研究任务。

城市的形态首先在像元水平上进行处理。土地覆盖成份(水泥、沥青、树、草、土族等)按它们的波谱特性分类，并以图的形式呈现。然后按生态显著性空间单位聚类。城市变化的监测可在像元水平上进行、而城市的扩大对在生态显著性空间单位水平上模拟，还可以借助地理信息系统(GIS)进行。在城市复合系统中，对自然生态系统的分析，可以更好地依据城市形态图和生物物理参数提供的

信息。其中能源、水文、大气、植被和土壤因素可以从像元水平或从生态显著性空间单位分析其空间分布。

## 第四章 系统软件的组成与实现

哈尔滨市气象灾害及生态环境监测评估系统就是利用气象综合观测系统对各种气象要素及气象灾害的观测数据,包括气象静止卫星、极轨卫星、多普勒天气雷达、自动气象站、地面、高空天气形势图等对哈尔滨市影响较大的冰雹、大雾、局地短时暴雨、沙尘暴和干旱等气象灾害的实时观测数据,结合三十年来哈尔滨市历史数据及典型个例,同时结合哈尔滨市及所属县(市)的地理信息,使用数学统计分析、数值预报模式、与历史数据及典型个例进行类比等方法,对实时观测数据进行分析,对天气实况以及可能产生的结果进行预测评估,为政府部门应对气象灾害提供决策信息服务。本系统软件主要采用 VB6.0 编写代码,在 windows2000 环境下运行。本系统包括二个子系统:气象灾害监测评估子系统;生态环境监测评估子系统。

### 4.1 系统软件处理流程

系统接收气象卫星资料、多普勒雷达资料、自动气象站资料、地面、高空天气形势图→资料预处理(提取与冰雹、大雾、局地短时暴雨、沙尘暴和干旱等气象灾害有关的实时观测数据并整理储存)→结合三十年来哈尔滨市历史数据及典型个例,同时结合哈尔滨市及所属县(市)的地理信息进行分析→形成预测评估结果

### 4.2 气象观测资料的收集与预处理

#### 4.2.1 极轨气象卫星资料接收、预处理

极轨卫星每天两次经过同一地区,它在不停接收来自地面和大气的电磁波辐射,并向地面接收站发送所监测到的遥感资料。极轨气象卫星接收处理系统(PAPS)是一个可实现无人值守的自动接收处理系统,可广泛应用于天气分析、环境监测、气象学、海洋学、水文学等领域。PAPS 提供基于计算

机的 NOAA 系列和 FY 卫星轨道预报以及 AVHRR/HRPT 数据接收、处理、显示、存储功能。这套硬件系统可以实现自动控制、实时接收、轨道预报、预处理和资料存储等功能，流程图如图 4-1 所示。

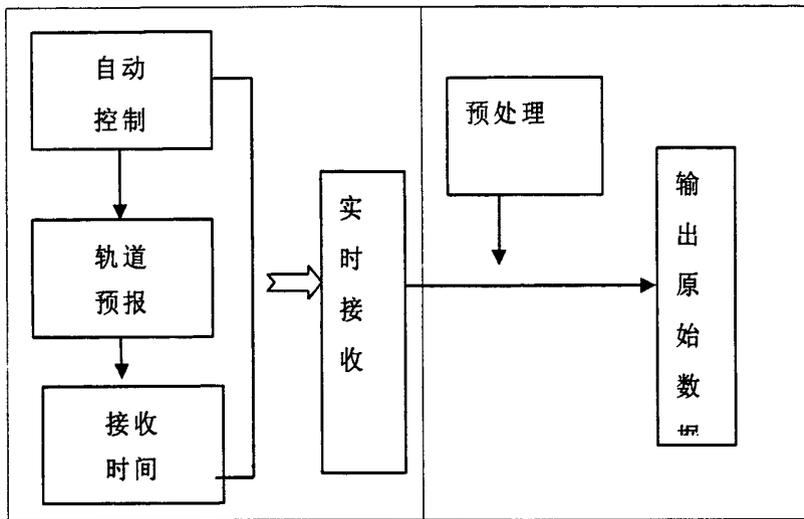


图 4-1 处理流程图

Fig.4.1 Processing flow chart

在卫星经过时，“自动控制”程序监控计算机系统时间，当计算机系统时间到达所预报的卫星入境时间时自动激活“实时接收”程序。“实时接收”程序接收和显示 HRPT 数据，并将资料存盘，数据接收完后，“自动控制”程序自动激活“预处理”程序，将接收的 IIRPT 资料进行预处理，并生成我们所应用的原始文件，我们在这些原始文件基础上可做各种图像处理和应用处理。

#### 4.2.2 多普勒天气雷达资料接收、预处理

系统接收黑龙江省气象台多普勒天气雷达每六分钟一次的体扫数据，多普勒天气雷达每六分钟完成一次方位 360°，仰角从 0.5° 到 19° 的锥体扫描。多普勒天气雷达的产品包括基本产品和导出产品。基本产品有三个：反射率因子、平均径向速度、谱宽。反射率因子描绘了一个完整的 360°方位扫描的回波强度数据，数据等级用 dBZ 表示。雷达操作者可依靠反射率因子产品确定回波的强度，确定风暴的强弱和结构以及强降雨（雪）带，还可根据反射率因子随时间的变化确定降水回波的移动以及未来的趋势等。平均径向速度表示整个 360°方位扫描径向速度数据，径向速度即物体运动速度平行与

雷达径向的分量。径向速度可以导出大气结构，风暴结构，可以帮助产生、调整和更新高空分析图等。谱宽数据实际上指的是速度谱宽数据，它是一个对速度离散量的度量。它可提供由于风切变、湍流和速度样本质量引起的平均径向速度变化的观测，也可用来确定边界（密度不连续面）位置、估计湍流大小及检查径向速度是否可靠。导出产品是雷达产品生成系统（RPG）根据基本数据资料通过气象算法处理后得到的产品，比较重要的有相对于风暴的平均径向速度图、相对于风暴的平均径向速度区、强天气分析、组合反射率因子、回波顶、剖面产品等。我们可以接收使用多普勒天气雷达的基本产品也可以使用导出产品

### 4.3 哈尔滨市气象灾害与生态环境监测评估系统软件组成

#### 软件系统框图

哈尔滨市气象灾害与生态环境监测评估系统包括 2 个子系统，框图如图所示。

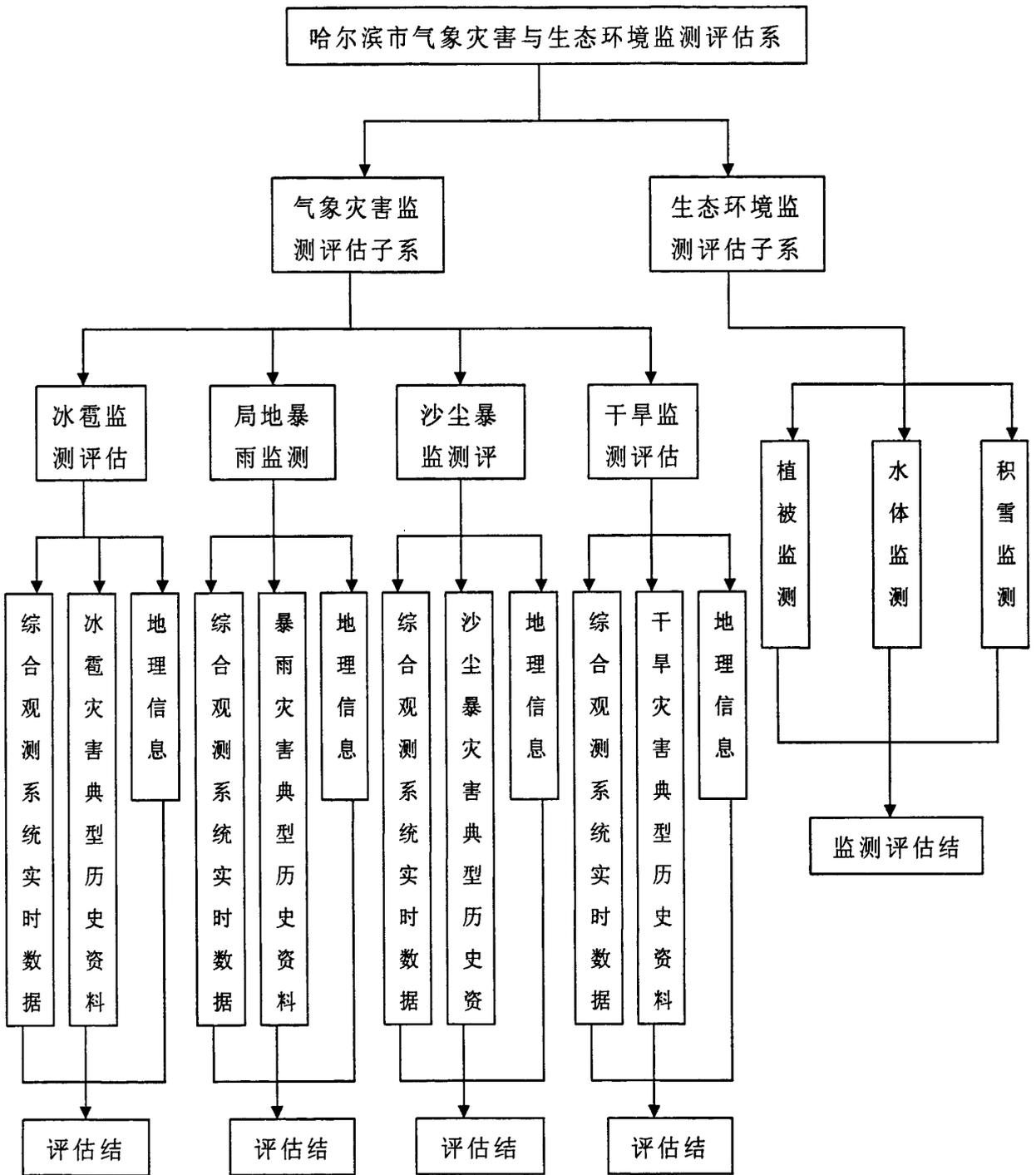
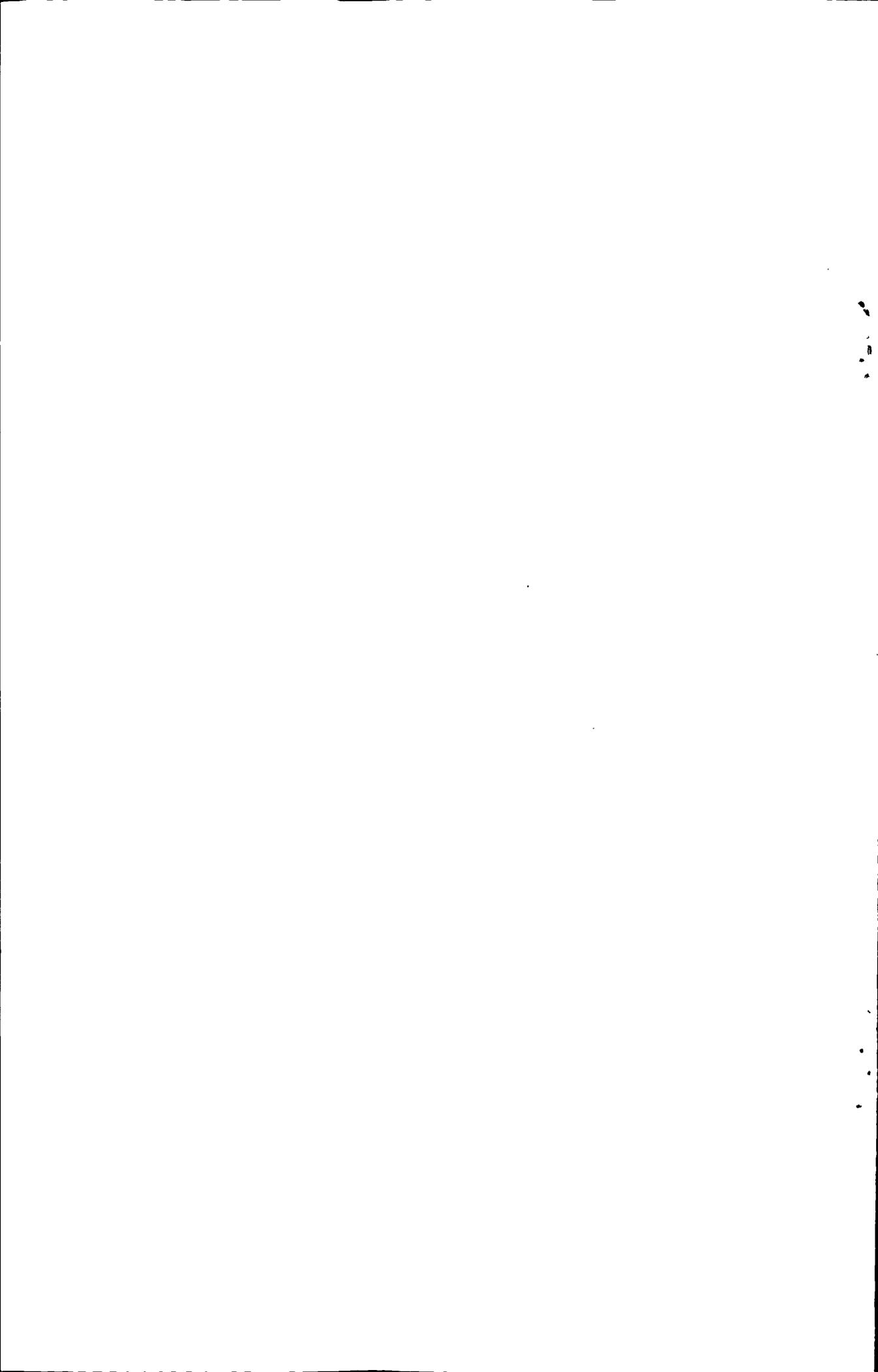


图 4.2 软件系统框图

Fig.4.2 Frame graph of software system



## 第五章 研究结论

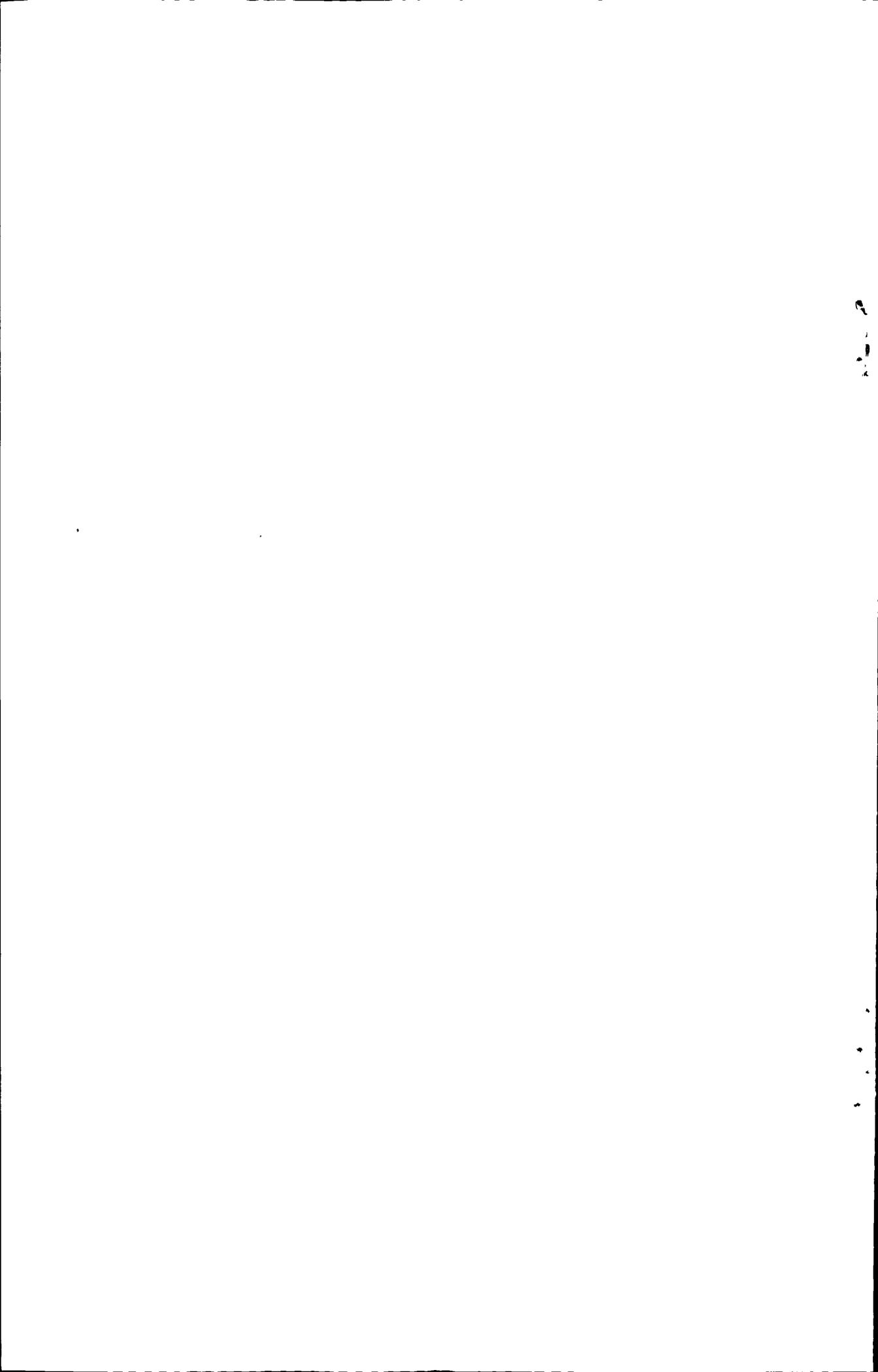
哈尔滨市气象灾害与生态环境监测和评估决策服务研究,利用气象综合观测系统对各种气象要素及气象灾害的观测数据,利用遥感卫星技术、地理信息系统、气象卫星和多普勒雷达监测技术,采用统计学模型分别建立全市气象灾害监测和预报评估系统和生态环境监测评估系统。采取成熟的阶段性研究成果及时转化为生产力的原则,本系统的研究成果可以在全市防汛抗旱,农业生产决策服务,生态建设和气象灾害监测预报预警业务工作中推广应用,通过互联网传输到微机远程服务终端,分别安装在哈尔滨市防汛指挥部等市政府主管部门,为市委市政府的决策服务提供科学依据,提高全市防御气象灾害的能力,使气象灾害造成的损失和带来的危害降低到最低程度,不仅具有重大的经济和生态效益,而且有显著的社会效益。

1、利用气象综合观测系统对各种气象要素及气象灾害的观测数据,对短时气象灾害(暴雨、冰雹、沙尘暴等)预报警报和评估,不仅可以提高哈尔滨市短时天气预报和临近灾害性天气警报等气象灾害预报的准确率,同时可以为政府部门应对气象灾害提供决策信息服务。

2、利用卫星遥感监测技术开展生态环境监测和评估,采用地表亮温指数开展“城市热岛效应”研究,分析结果表明城区平均地表亮温比郊外偏高5-6度,市区中心区域地表亮温则明显偏高8度左右,监测结果表明城区和郊外确实存在以城市中心区温度最高,逐渐向外递减的“城市热岛效应”。

3、通过地表反照率变化的遥感监测技术,开展对地面积雪范围变化的监测和评估,对初冬第一场较大降雪后积雪范围的监测评估,可以为交通、旅游和农业生产提供对策服务,而初春对积雪范围变化的监测和评估,主要是为春季土壤墒情监测、旱涝趋势分析预测和春季播种提供气象决策服务。

4、采用热惯量法,建立土壤墒情和旱涝灾害监测评估系统,可以准确监测全市土壤墒情和旱涝灾害,客观定量评估受灾程度、受灾面积,为市政府合理安排防灾救灾经费提供科学依据,在全市抗旱救灾工作中发挥重要作用。

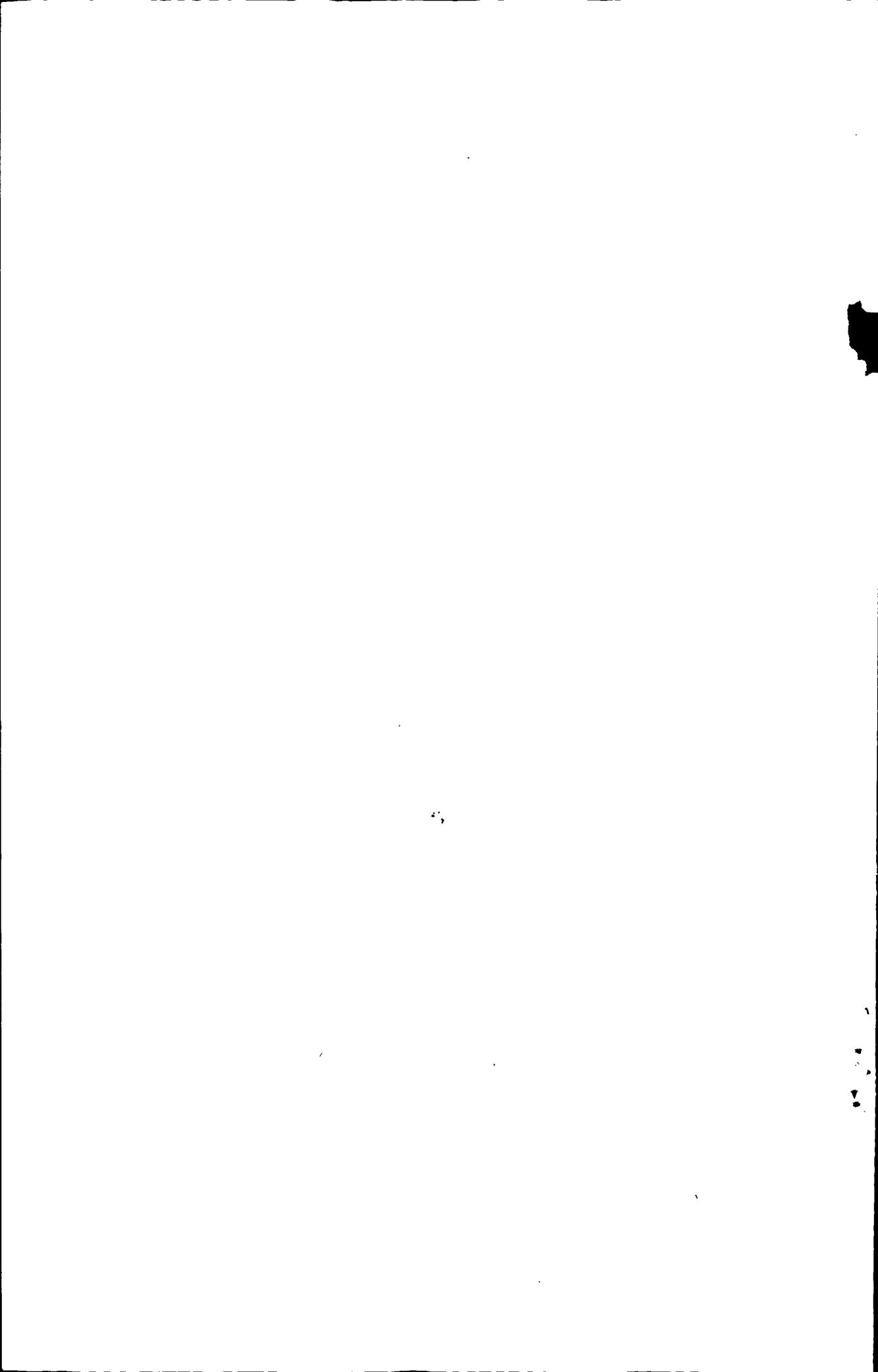


## 参考文献

- [1] 阎守邕, 我国灾害遥感的作用、现状及发展[J]遥感学报, 1990, (03).
- [2] 胡文东,Frédéric CHAVEAU,Maurice MERLET,丁建军. 以 GrADS 为基础的法国气象中心气象灾害评估业务查询系统设计[J]灾害学, 2005, (02).
- [3] 张金恒,朱德柱. 基于“3S”技术构建农业灾害监测信息系统[J]灾害学, 2002, (02).
- [4] Chiles J P,Delfiner P. Geostatistics:Modeling Spatial Uncertainty .New York: John Wiley&Sons, 1999
- [5] 赵安, 论 RS、GIS 技术在灾害研究中的应用[J]江西气象科技, 1999, (S1).
- [6] 王让会, 土壤水分遥感研究进展[J]遥感技术与应用, 1994, (04).
- [7] 李才兴,唐伶俐. 灾害遥感发展现状分析[J]国际太空, 2002, (03).
- [8] 纪飞,秦瑜. 东亚沙尘暴数值模拟 II 个例分析[J]北京大学学报(自然科学版), 1998, (05).
- [9] 李海萍,熊利亚,庄大方. 中国沙尘灾害遥感监测研究现状及发展趋势[J]地理科学进展, 2003, (01).
- [10] 胡隐樵,光田宁. 强沙尘暴微气象特征和局地触发机制[J]大气科学, 1997, (05).
- [11] 黄扬,杨习荣,耿淮滨. 土壤含水量与其微波反射特性关系的研究[J]遥感学报, 1986, (02).
- [12] 魏六峰,气象信息存储管理和显示分析系统的研究和设计[D]重庆大学, 2006.
- [13] Chiles J P,Delfiner P. Geostatistics:Modeling Spatial Uncertainty .New York: John Wiley&Sons, 1999,
- [14] 于成龙, 基于 GIS 和 RS 森林火险预测的研究[D]东北林业大学, 2007.
- [15] 李端午,陈歆,李萍萍. 信息技术在农业上的应用和发展[J]农业装备技术, 2004, (03).
- [16] 黄铁青,张琦娟. 自然灾害遥感监测与评估的研究与应用[J]. 遥感技术与应用, 1998, (03).
- [17] William H P,Teukolsky S A,William T V,et al. NumericalRecipes in C++ .Second Edition. Beijing: Publishing House ofElectronics Industry, 2003, 46-59 :661-704 .
- [18] 冯锐,张玉书,陈鹏狮,张淑杰,纪瑞鹏. 基于 GIS 的洪涝灾害遥感评估系统[J]. 辽宁气象, 2004, (02).
- [19] 裴志远,杨邦杰. 应用 NOAA 图像进行大范围洪涝灾害遥感监测的研究[J]. 农

- 业工程学报, 1999, (04).
- [20] Cressie N. *Statistics for Spatial Data*. New York: John Wiley&Sons, 1993
- [21] 徐南平, 黑龙江省气象灾害检索数据库[J]. 黑龙江气象, 1995, (03)
- [22] 庄丽莉, 80年代以来全球重大气象灾害评述[J]. 灾害学, 1996, (01)
- [23] 刘文, 龚佃利, 赵玉金, 张善君. GMS 气象卫星在暴雨灾害遥感监测中的应用[J]. 国土资源遥感, 2002, (04)
- [24] 丁太胜, 胡雯, 马晓群, 盛绍学, 刘惠敏, 荀尚培. 江淮流域旱涝灾害气象卫星遥感监测和预报方法研究[J]. 高原气象, 2003, (02).
- [25] 刘志明, 晏明, 李铁强, 何艳芬. 冰雹灾害的卫星遥感监测方法初探[J]. 气象, 2004, (09).
- [26] 纪瑞鹏, 代付, 班显秀. NOAA/AVHRR 图像资料在大雾灾害监测中的应用[J]. 防灾减灾工程学报, 2004, (02).
- [27] 李海萍, 熊利亚, 庄大方. 中国沙尘灾害遥感监测研究现状及发展趋势[J]. 地理科学进展, 2003, (01).
- [28] 吕达仁, 王普才, 邱金桓, 陶诗言. 大气遥感与卫星气象学研究的进展与回顾[J]. 大气科学, 2003, (04).
- [29] 晏明, 用气象卫星对冰雹灾害进行监测的方法探讨[J]. 吉林气象, 2003, (04).
- [30] Christakos G. *Modern Spatiotemporal Geostatistics*. New York: Oxford University Press, 2000,
- [31] 郑媛媛, 谢亦峰, 吴林林, 朱红芳, 王东勇. 淮河流域雨季多普勒雷达几种定量估测降水方法比较试验[A]大气科学发展战略——中国气象学会第 25 次全国会员代表大会暨学术年会论文集[C], 2002.
- [32] 刘文, 赵玉金, 张善君. GMS 卫星遥感资料监测暴雨技术[J]气象, 2003, (03).
- [33] 周海光, 王玉彬. 双多普勒雷达对淮河流域特大暴雨的风场反演[J]气象, 2004, (02).
- [34] 肖艳姣, 张家国, 万蓉, 李中华. 切变线暴雨中尺度系统的多普勒雷达资料分析[J]气象, 2005, (02).
- [35] 刘洪恩. 单多普勒天气雷达在暴雨临近预报中的应用[J]气象, 2001, (12).
- [36] 郭林, 陈礼斌, 施碧霞, 李建通. 闽南地区短时区域暴雨的天气及多普勒雷达资料概念模型[J]气象, 2003, (05).
- 张传荣, 重大自然灾害遥感监测与评估技术集成系统的研究[J]. 地理研究, 1995, (04).
- [37] Ripley B D. *Spatial Statistics*. New York: John Wiley&Sons, 1981,
- [38] 陈育峰, 何建邦. 遥感与地理信息系统一体化技术在重大自然灾害监测与评

- 估中的应用[J]. 自然灾害学报, 1995, (04).
- [39] 穆家修, 气象卫星实时监测洪涝灾害[J]遥感信息, 1988, (03).
- [40] 肖乾广, 陈维英, 王葳. 气象卫星影像用于松花江洪水监测[J]遥感信息, 1987, (04).
- [41] 杨忠恩, 骆剑承, 徐鹏炜. 利用 NOAA—AVHRR 资料提取水体信息的初步研究[J]国土资源遥感, 1995, (01).
- [42] 居为民, 孙涵, 汤志成. 气象卫星遥感洪涝面积估算[J]气象科学, 1997, (02).
- [43] 刘亚岚, 王世新, 阎守邕, 周艺, 魏成阶, 徐枫. 遥感与 GIS 支持下的基于网络的洪涝灾害监测评估系统关键技术研究[J]. 遥感学报, 2001, (01).
- [44] 魏成阶, 王世新. 遥感技术在我国洪涝灾害监测评估中的作用[J]. 中国科学院院刊, 1998, (06).
- [45] 盛永伟, 肖乾广, 陈维英. 应用 FY-1B 气象卫星监测 1991 年江淮洪水的研究[J]. 遥感学报, 1994, (03).
- [46] 郑媛媛, 李劲, 方翀, 张雪晨, 姚晨. 基于多普勒雷达组网产品的突发强对流天气监测预警系统研究与应用[A]. 中国气象学会雷达气象学与气象雷达委员会第二届学术年会文集[C], 2006
- [47] 罗保华, 温仁枚. 应用雷达产品分析大尺度天气形势变化[A]. 中国气象学会雷达气象学与气象雷达委员会第二届学术年会文集[C], 2006
- [48] 孙建印, 许良银, 栾承森. 新一代天气雷达测雪能力分析[A]. 中国气象学会 2005 年年会论文集[C], 2005
- [49] 张晰莹, 孙永罡, 金凤岭, 张礼宝, 张桂华, 刘颖. 多普勒天气雷达资料在沙尘天气监测中的应用[J]南京气象学院学报, 2003, (06).
- 张桂华, 王立娟, 袁美英, 张礼宝, 刘颖. 3·20 浮尘、扬沙天气成因及多普勒雷达速度强度图分析[J]黑龙江气象, 2002, (03).



## 致 谢

本论文研究和报告编制过程中，受到指导老师胡筱敏教授和姬菊枝高级工程师的悉心指导和帮助，从论文的结构、大纲、报告编排等多方面指导和帮助本人顺利地完成本论文，在此对胡老师的无私帮助表示感谢。

在系统的设计和构建过程中，曾得到哈尔滨工业大学和哈尔滨市气象局有关专家的鼎力支持和热情帮助，多处用到专家咨询判断法，各位专家能够认真分析，慎重对待，对系统的分析结果的准确性起到了重要的作用，在此一并表示感谢。

