

棉田雹灾保险遥感监测理赔 系统的建立与应用实验*

——以鲁西北棉区为例

姜文明 李新运

(山东师范大学地理研究所 济南 250014)

摘要 根据我国棉花生产基地鲁西北地区棉花雹灾保险工作的需要,提出并设计建立了棉田雹灾遥感监测理赔系统。整个系统由棉田航空遥感调查、雹灾范围和程度的雷达监测、棉田雹灾损失计算机分析等3个子系统组成。它们的协同运行在1990年6月23日的较大雹灾理赔过程中取得了较好的效果。本文主要论述该系统建立的技术方法和运行的试验结果。

关键词 棉田灾害,冰雹,遥感监测,地理信息系统

1 引言

我国是世界植棉历史最悠久的国家之一。棉花播种面积和总产量均居世界第一位。自80年代中期以来,棉花生产出现滑坡。冰雹和棉铃虫是影响棉花产量的两大重要原因。为了保护广大棉农的植棉积极性,稳定棉花生产,中国人民保险公司积极拓宽农业保险的业务领域,对棉田雹灾进行保险^[1]。棉田雹灾是农业险中的一个重要险种,自开办以来取得了良好的经济效益和社会效益。

在棉田种植雹灾保险实践过程中,棉花遭受雹灾后,如何科学、准确、及时、合理的核定损失,一直是农业保险中的一大难题。目前试行的“五点抽样,多项加权定损”以及“计算机赔付审计”等方法,其基本手段仍是现场查勘。这对于要在短时间内确定棉田中每一地块的受灾程度和受灾面积,不免存在查勘滞后,核损手段落后,灾害等级不一,受灾面积失实、劳动强度大,理赔过程长,赔付误差大等一系列问题。

近年来,我国遥感技术在多种自然灾害的调查、监测、预警、决策和评估中发挥了极其重要的作用,展示了其他技术不能取代的优势^[2]。近十年来,地理信息系统(GIS)已发展成为一强有力的技术手段,在灾害研究中的应用也日趋广泛。建立以遥感和GIS为支持的棉田雹灾保险理赔系统是提高农险核损理赔集成化、自动化的新技术探索。本文是这一尝试的初步总结。

* 该项研究得到中国人民保险公司山东省分公司的资助。主要研究人员还有汤明宝、商博、吴泉源、彭海昀、蔡春河、郝云理等。本文得到张林泉教授指导,特此致谢。

收稿日期: 1994年1月14日。

2 研究区概况

鲁西北是我国最主要的棉花生产基地之一。1990年棉花产量分别占山东省和全国棉花总产量的80%和15%。本区地势平坦,土层深厚,面积广阔。年平均气温12.3—13.4℃,全年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温4877℃; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温4330—4757℃,无霜期200天左右。年平均降水量583mm。光、热、水、土资源的配合极适合于棉花种植。

棉花为一年生作物,生育期间受气候条件影响较大。鲁西北地区是雹灾多发区,累年雹灾总次数和雹灾机遇都较高。因此雹灾对棉花生产威胁很大。

3 系统结构与环境

3.1 系统结构

遥感技术的最大特点之一是能够得到大量的空间数据,而以计算机制图为基础发展起来的地理信息系统能够存贮、检索、运算、分析这些空间数据。以此为技术支持手段,设计建立了棉田雹灾保险遥感监测理赔系统(以下简称系统,图1)。这一系统由棉田遥感调查子系统、雹灾监测子系统、棉田雹灾损失计算及理赔子系统等3部分组成。

3.2 系统环境

系统包括主动式大气微波遥感设备711型测雨雷达,运五飞机及传感器。输入设备为HP-7576A数字化仪,计算机为浪潮386—33C,输出设备为Calcomp 9600绘图仪。应用软件为美国环境系统研究所(ESRI)研制的PC ARC/INFO,这一软件系统不仅可以处理网格数据及矢量数据,而且可以进行数据格式之间的转换。

4 系统功能与建库过程

4.1 棉田遥感调查子系统

棉田遥感调查子系统是系统的基础,在结构上采用航空遥感平面图为信息载体及数据库管理形式。航空遥感图像采用精处理技术,纠正成为1:10000和1:34000比例尺平面图,消除投影误差及其随机误差。其他资料还有1:10000比例尺地形图,1:10000比例尺土地利用详查图。通过信息提取、转绘、实地验证,图斑界修整,综合取舍确定了主要地物和棉田的位置、范围、面积、类型和权属,编绘成1:10000比例尺的棉田分布图。

4.2 雹灾监测子系统

冰雹是一种局部的灾害性天气。鲁西北棉区形成灾害的冰雹天气主要出现在6—9月份,在此前后出现的冰雹次数小、强度弱、危害小。所以棉田雹灾保险的日期为5月15日零时至9月30日24时。冰雹移动路径决定于所处的天气系统的位置和气流的方向以及地形条件。在一个地区降雹有一定的走向和线路,如研究区内的武城县,冰雹一般从西

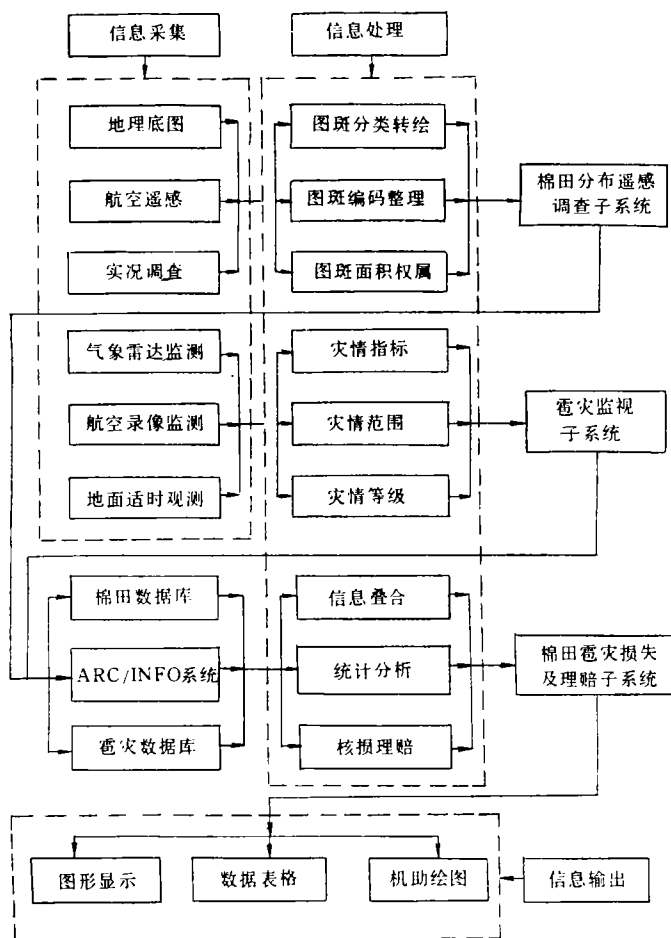


图 1 系统结构

Fig. 1 Process of the system

北方向来,沿卫运河向南至老城一带,另一条沿卫运河向东进入四女寺、赫王庄乡一带,沿东北方向来的天气系统降雹次数少,不易构成灾害¹⁾。降雹范围一般呈带状,故有“雹打一条线”之称。大面积的雹灾有时涉及几个乡镇,甚至几个县,雹带长度达百公里,宽度达十几公里或数十里,并时有跳跃现象。根据雹灾这一特点,雹灾监测子系统由冰雹云强度,路径雷达监测,飞机录像适时遥感监测,地面实况抽样调查和地面定点适时监测等部分构成。

气象雷达是脉冲体制的大气微波遥感,它是利用具有锐方向特征的脉冲式电磁波射向目标,而后接收目标的散射回波,由此可以探测到冰雹回波的空间位置、范围、强度、强回波中心位置,以及回波的形状、结构、性质、移动方向、移动速度和演变趋势等^[3]。该项研究所采用的气象雷达技术参数和显示方式如表 1。

1) 武城县农业区划委员会办公室,武城县农业气候手册,1983年。

表1 气象雷达技术参数和显示方式

Table 1 Technical parameters and display pattern of the meteorological radar

型号	工作波长 (cm)	天线孔径 (m)	天线增益 (dB)	波束宽度 (度)	脉冲功率 (kW)	脉冲宽度 (S)	脉冲频率 (Hz)	最小可测功率 (dB·mW)	显示方式
711	3.2	1.5	38	1.5	25	1	400	98	PPI, PHI, A*

* PPI 为平面位置显示, PHI 为距离-高度显示, A 为距离显示。

4.3 棉田雹灾损失分析及理赔子系统

这一子系统具有对棉田雹灾保险数据进行输入、存贮、管理、检索、加工及输出的功能。由棉田数据库和雹灾数据库构成。根据数字化输入的要求,棉田分布图采用检索性能较强的图斑编码法(图2)。图斑编码以标记特征为信息,采用压缩后的6位编码 $C_1C_2C_3C_4C_5C_6$ 来进行,其中 C_1C_2 为乡镇码, C_3C_4 为村码, C_5C_6 为棉田类别码。按照ARC/INFO系统的建库过程(图3),将标描与编码后的分布图进行数字化输入。ADS模块可支持棉田分布图的手扶跟踪数字化,ARCEIT模块可对输入的地图进行编辑,对编辑好的地图数据,用BUILD命令建立空间拓扑关系,以建立完整的棉田数据库。空间数据如位置、分布、范围等存贮在ARC系统下,属性数据如面积、编码、地名、上报投保面

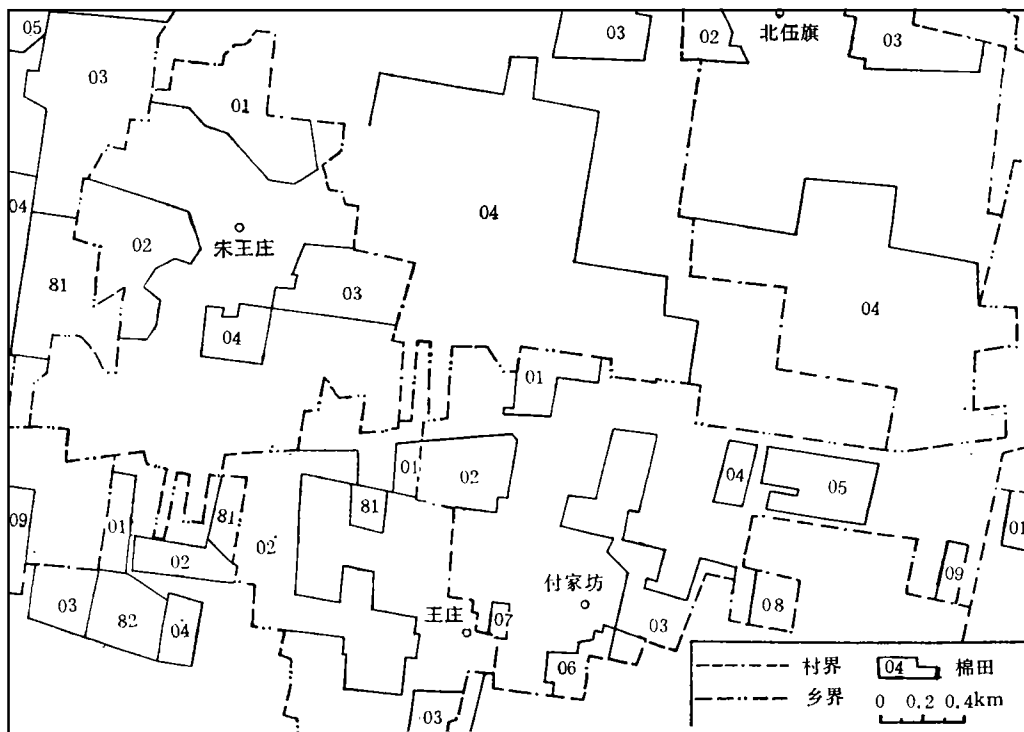


图2 棉田分布调查图

Fig. 2 Map of cotton distribution

积、历史数据等存贮在 INFO 系统下。棉花种植面积、位置虽然有相对的稳定性,但每年仍有一定的变化,需要乡保险员每年雹期以前应修正棉田分布图,并反馈给系统。

棉田出险后,在获得灾情数据后,理赔子系统可实现棉田数据库和雹灾数据库的自动叠合,输出所需数据及图件。程序设计了 5 个功能模块,即棉田数据检索与分析、棉田雹灾损失面积统计、棉田雹灾损失程度统计、棉田灾后产量预测、理赔费核算等。

5 棉田灾情指标与灾后产量损失

5.1 棉田灾情指标

一般认为,雹灾对棉花生产的危害表现在棉花株体器官的机械损伤、土地板结、低温影响正常发育、纤维品质降低等方面。采用田间试验,雹灾现场调查、盆栽模拟降温等试验,结果表明短时间的冷害对棉花产量没有显著影响¹⁾,土壤物理性能劣化对棉花生产危害较之株体机械损伤可以忽略,纤维品质降低尚未纳入保险体系。棉花株体器官的机械损伤与灾后棉花产量的相关性极其显著,危害最大,所以一般用它来表示灾情。

棉花雹灾保险的核损指标有多种,如落地枝芽率、落地叶片率、枝头折断率、落蕾率、生长点损失率、顶尖损失率、果枝损失率、标准桃数为基数的棉桃损失率等。通过模拟试验和实践应用,表明断头率和主茎叶片受损率与其他灾情指标有较显著的线性相关,可分别作为棉花生长前期(打顶前)和中期(开花期间)、后期的灾情指标。断头率是指调查株体断头数占全部株数的比例。主茎叶片灾情指数是指主茎叶片受害的严重程度和普遍率的乘积:

$$\text{主茎叶片灾情指标} = \frac{\text{叶片受害级数} \times \text{本级叶片数}}{\text{主茎叶总数} \times 5 (\text{最重等级})} \times 100 \quad (1)$$

5.2 灾后产量损失

棉花的生长可分为播种期、苗期、花蕾期、花铃期、吐絮期等 5 个阶段。棉花产量由每亩株数、每株铃数、铃重和衣分 4 个因素构成^[4]。不同发育时期遭受雹灾会对产量产生不

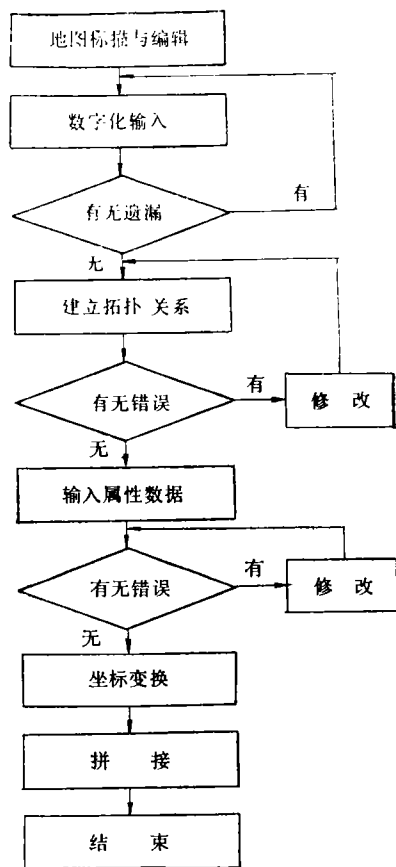


图 3 棉田数据库建立过程

Fig. 3 Flow chart of establishment of cotton field database

1) 山东省保险分公司,棉花种植雹灾保险理赔讲义,1990年。

同的影响。棉花苗期,蕾期和初花期降雹,受害棉花恢复能力较强,蕾期恢复力最强。棉花生长进入花铃盛期,营养生长开始衰退,受灾后恢复生育能力很差。所以最终棉花产量比率不仅与雹灾灾情指数有关,而且与降雹时期有关,即产量比率 z 是雹灾指数 x 和受灾时间 y 的二元函数:

$$z = F(x \cdot y) \tag{2}$$

当生长阶段一定时: $z = a + bx$ (3)

当灾情指数一定时: $z = c + dy + ey^2$ (4)

若同时考虑生长阶段和灾情指标,最终棉花产量比率的表达式为:

$$z = p + qx + rxy + sx^2y \tag{5}$$

(3)(4)(5)模型中的参数可由调查数据用回归方法求出。

灾情指标每 5 个百分点为一单位,即 0—5% 为 1, 6%—10% 为 2, …… , 95%—100% 为 20。生长期以旬为单位,6 月上旬为 1, 6 月中旬为 2, …… 9 月下旬为 12。计算得到的鲁西北地区的棉花生育期间的关系方程为:

$$z = 100.33 - 1.4994x - 0.9893xy + 0.0893x^2y \tag{6}$$

方程的复相关系数为 0.989,置信度为 0.001。

根据模型(5),分别求得 6、7、8、9 月 4 个阶段的关系式:

6 月份: $Z = 100 - 3.2323y + 0.7675xy - 0.2759x^2y$ (7)

表 2 雹灾日期和灾情指数对棉花产量(%)的影响

Table 2 The influence of hail date and disaster index on cotton yield

灾情指标 (%)	产 量 比 率 (%)											
	6 月上旬	6 月中旬	6 月下旬	7 月上旬	7 月中旬	7 月下旬	8 月上旬	8 月中旬	8 月下旬	9 月上旬	9 月中旬	9 月下旬
0—5	98.1	98.0	97.4	95.9	95.6	95.5	95.9	96.3	97.3	98.4	99.0	99.6
6—10	95.3	95.2	94.0	91.9	91.3	91.0	91.6	92.4	94.4	96.3	97.6	98.7
11—15	92.6	92.4	90.6	87.8	87.0	86.6	87.3	88.6	94.5	94.2	96.2	97.8
16—20	89.8	89.6	87.2	83.8	82.7	81.2	83.0	84.7	88.6	92.1	94.8	97.0
21—25	87.1	86.8	83.7	79.8	78.4	77.7	78.8	80.8	85.7	90.1	93.4	96.1
26—30	84.5	84.2	82.2	75.6	74.2	73.5	74.5	76.5	82.1	86.5	92.4	95.7
31—35	81.6	81.2	76.9	71.8	69.8	68.9	70.2	73.1	79.9	85.9	90.6	94.4
36—40	78.9	78.4	73.5	67.7	65.5	64.4	65.9	69.2	77.0	83.9	89.2	93.5
41—45	76.1	75.6	70.1	63.7	61.2	60.0	61.6	65.4	74.1	81.8	87.8	92.7
46—50	73.4	72.8	66.7	59.7	56.9	55.5	57.4	61.5	71.2	79.7	86.4	91.8
51—55	70.7	70.0	63.6	55.7	52.6	51.1	53.1	57.7	68.3	77.6	85.0	90.9
56—60	67.9	67.2	59.9	61.6	48.2	46.7	48.8	53.8	65.4	75.6	83.6	90.1
61—65	65.2	64.4	56.4	47.6	43.9	42.2	44.5	49.9	62.6	73.5	82.8	89.2
66—70	62.4	61.6	53.0	43.6	39.6	37.8	40.3	46.1	59.7	71.4	80.8	88.3
71—75	59.7	58.8	49.6	39.6	35.3	33.4	36.0	42.2	59.8	69.4	79.4	87.5
76—80	57.0	56.0	46.2	35.5	31.0	28.9	31.7	38.3	53.9	67.3	78.0	86.6
81—85	54.2	53.2	42.8	31.5	26.7	24.5	27.4	34.5	51.0	35.2	76.6	85.7
86—90	51.5	50.4	39.4	27.5	22.4	20.0	23.1	30.6	48.1	63.1	75.2	84.9
91—95	48.7	47.6	36.0	23.5	18.1	15.6	18.9	26.8	45.2	61.1	73.8	84.0
96—100	46.0	44.8	32.5	19.4	13.3	11.2	14.6	22.9	42.3	59.0	72.4	83.2

$$S = 1.01 \quad R = 0.998$$

$$7 \text{ 月份: } Z = 100 - 3.5914y - 0.5078xy + 0.0753x^2y \quad (8)$$

$$S = 0.61 \quad R = 0.997$$

$$8 \text{ 月份: } Z = 100 - 4.1395y - 0.4169xy + 0.2775x^2y \quad (9)$$

$$S = 0.95 \quad R = 0.9991$$

$$9 \text{ 月份: } Z = 100 - 2.8709y + 0.8639xy - 0.0650x^2y \quad (10)$$

$$S = 1.03 \quad R = 0.995$$

并由此计算出棉田雹灾日期(月、旬)、灾情指标(%)、产量比率(%)对应查对表(表 2)。

按保险公司现行棉田雹灾理赔条款规定,赔款计算公式为:

$$mZ = \alpha(1 - Z)S = \alpha Z'S \quad (11)$$

(11)式中 α 为每日最高赔付数额, Z' 为损失程度, S 为受灾面积。

6 系统运行试验

选择有代表性的武城、陵县、平原三县为试验区,三县计 57 个乡镇 2408 个行政村。土地总面积 3271.8km²。工作范围涉及 1:10000 和 1:34000 比例尺航空遥感平面图 180 幅, 1:10000 比例尺地形图 170 幅, 1:10000 比例尺的土地利用图 58 幅。根据棉田遥感调查子系统设计要求,于 1990 年 4 月底前完成分布图与建库工作。武城、陵县、平原三县纯棉田面积分别为 20739.5、31585.5、21385.4ha,套播棉田分别为 3855.7、8829.1、11148.8ha,记录数分别为 3466,7426,5640 条。

1990 年 6 月 23 日在高空为低槽,地面为冷锋的强对流形势下,试验区出现大面积降雹,此时棉花生长正处于蕾期。平原县气象雷达站于 0 点 10 分接收到雹云信息。在平面显示器上,雹云强度较大,结构紧密,发展急剧,前沿轮廓清晰,多棱角,回波后沿呈羽毛状,边缘模糊,在高度显示器上,雹云最高顶高在 14km,冰雹的发展演变如表 3。

表 3 气象雷达对降雹过程的监测

Table 3 Monitoring hail process with meteorological radar

时间区段	回波强度 (dB)	回波顶高 (km)	云顶高度 (km)	强中心位置
0:10	40	9	13.5	夏津城东 4km 处
0:10—1:00	30	14	14	夏津县东北部
	45	13.1	14	平原西部
	50	11	14	武城县东南部
1:10—1:50	60	10		武城东部,平原西北部

根据冰雹云的强度和强中心移动的路径,确定这次雹灾重灾范围为夏津县城以东至武城县东部,平原县的西部至陵县的西北部。冰雹云强中心的宽度为 5km。由于这次冰雹云的强中心边缘明显,所以重灾向轻灾的过渡带的宽度较窄。6 月 25 日进行了野外抽样调查,确定以棉株断头率为灾情指标,断头率大于 61%为重灾,31%—61%为中灾,小

于 31% 为轻灾。6 月 28 日实施飞机灾情录像, 飞行高度 200m, 速度 150km/h, 录像焦距 20mm, 飞行路线沿轻灾和重灾边缘。

将气象雷达冰雹云监测、航空录像监测, 定点监测和抽样结果输入计算机, 与棉田数据库进行迭合分析, 获得县、乡、村受灾地片编码、灾情等级、面积及赔付额(表 4), 于 7 月 3 日完成理赔工作。系统在 1990 年 7 月 18 日和 9 月 12 日降雹及出险理赔过程中又做了进一步地实验, 为系统改进积累了经验。

表 4 系统输出的棉花雹灾损失信息
Table 4 Output of cotton field loss caused by hail

乡镇	重 灾		中 灾		轻 灾		合计
	纯播	套种	纯播	套种	纯播	套种	
董王庄	754.2	243.8	41.5	21.7	87.1	31.7	1179.9
大屯	122.5	30.3	45.9	24.8	26.8	8.1	263.8
武城	7.8	0.7	14.0	7.3			29.8
郝王庄	1011.8	209.3	22.1	4.3	10.1	2.0	1259.6
蔡村	263.3	118.5	17.5	21.2	17.2	16.7	454.4
合计	2159.6	602.6	141.1	79.3	146.5	58.5	3187.5

7 讨论

棉田雹灾保险遥感监测理赔系统的基本思路是可行的, 运行过程中取得了一些初步效果, 较大程度地改进了原有理赔过程中存在的一些问题。这一系统不仅服务于雹灾理赔, 同时也可对棉田种植结构、分布, 产量预测等方面提供参考。

系统协同运行试验认为, 由于受经费限制, 采用运五飞机作为飞行器, 普通摄像机作为探测器不是最佳方法, 应改用机载侧视雷达监测棉田雹灾。该项研究的建库方法, 仍显量大时长, 而且数据库必须每年更新。由于承包经营和保险业务的不完善, 使得大面积的同种作物变得分散, 打破了种植面积的整体性, 给试验研究带来较大困难。

作为试验研究, 系统本身还处于新生状态, 系统结构比较松散, 在快速、机动、准确和集成性能以及应急能力上离实际应用系统尚存在一定距离。

系统用于棉田雹灾这一单一险种, 尚未完全发挥系统的整体有效功能, 应将棉田雹灾与其他农业险种如小麦雹灾、水灾、虫灾、旱灾等结合起来, 建立多灾, 多作物的农业保险遥感监测系统。

参 考 文 献

- [1] 国家统计局, 92 中国发展报告. 第一版. 北京: 中国统计出版社, 1993, 190—192.
- [2] 阎守邕. 我国灾害遥感的作用. 现状及发展. 环境遥感, 1990, 5(3): 173—175.
- [3] 张瑞生. 大气微波遥感. 第一版, 济南: 山东科学技术出版社, 1989, 77—78.
- [4] 陕西省棉花研究所, 棉花. 第一版, 北京: 科学出版社, 1985, 22—23.

The Application of Hail Disaster Monitoring System to Insured Cotton Field

—A Case Study of Cotton Belt in Northwest Shandong Province

Jiang Wenming Li Xinyun

(*Institute of Geography, Shandong Normal University, Jinan, 250014*)

Abstract An integrated remote sensing monitoring technical system is built up in Northwest Shandong Province which is the majorest cotton area of our country. The system can be used to survey the cotton distribution, monitor the disaster caused by hail, analyse and output the area and levels of cotton lost. First, the subsystem of cotton distribution surveying is introduced based on aerial remote sensing. Then the subsystem of hail disaster monitoring is described. It is applied to follow the tracks of hail cloud such as its height, thickness, motion velocity and direction. The levels and range of hail can be defined with it. In the third subsystem which is information system of analysis of cotton loss caused by hail, cotton field database and hail database are built up respectively. The cotton field loss is obtained by intersection operation of the two databases, supported by pc ARC/INFO software. In Jun. 23, 1990. the system was used to monitor the cotton field loss caused by hail when a greater hail process took place. The application showed that the system was both reliable and accurate.

Key words Cotton belt disaster, Hail, Remote sensing monitoring, Geographical information system