

# 我国灾害遥感的作用、现状及发展

阎守邕

(中国科学院遥感应用研究所)

1990年2月3日收稿

## 摘 要

本文从现代遥感技术系统的构成和特点出发,论述了遥感在减灾活动,包括预警、监测、评价和辅助决策中的重要作用。并在回顾我国灾害遥感现状的基础上,提出了今后发展的设想。作者认为:建立实用性的重大自然灾害遥感监测评价技术系统,是今后我国灾害遥感发展的中心环节和主要任务。该系统应包括航天遥感宏观监测系统,航空遥感全天候、实时监测系统,地面灾害及背景监测系统,灾害及背景数据库系统,灾害分析、评价与辅助决策系统以及灾害防治救援通讯指挥系统。

**关键词** 自然灾害 遥感 技术系统

自然灾害严重地威胁着人类的生命财产,极大地妨碍着国家的经济建设和社会进步。长期以来,人类采取了各种可能的办法,保护自己,发展生产。其中,现代遥感技术的发展和运用,受到世界各国的广泛重视,在减灾活动中起着日益重要的作用。下面,作者准备从现代遥感技术的构成与特点,遥感在减灾中的作用、我国灾害遥感的现状以及今后发展的设想等方面作一些论述,以使广大读者对灾害遥感有一个比较全面的了解。

## 一、现代遥感技术的构成与特点

现代遥感技术是从本世纪60年代起蓬勃发展起来的一个高技术领域。它集中了空间、电子、光学、计算机和生物地学等学科的最新成就,是一个规模庞大、内容复杂、环环紧扣的技术系统,其基本构成如图1所示<sup>[1]</sup>。

从总体上看,任何一个遥感任务的实施,均由遥感数据获取、有用信息抽取及遥感应用3个基本环节组成。而每个环节的进行,都要有相应的技术手段与基础研究的支持。因此,遥感技术应包括任务实施、技术手段和基础研究3部分内容。

遥感数据获取是在由遥感工作平台和传感器构成的数据获取技术系统的支持下实现的。由于各种平台和传感器都有自己的适用范围和局限性(表1和表2),因此往往随着具体任务之性质和要求的不同而采用不同的组合方式,以取得较好的应用效果。片面地强调某种平台或传感器的重要性,甚至把它们对立起来,显然是不适宜的。

从遥感数据中抽取有用信息,可以通过人工目视判读、计算机数据处理以及两者混合的方法实现。这两种方法及相应的技术系统各具优缺点,往往也需要相互配合,取长补短,并随任务和要求的不同而异。

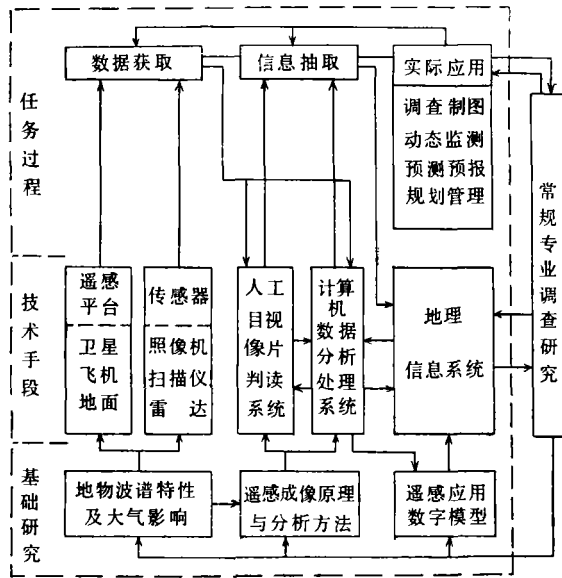


图1 现代遥感技术基本构成

Fig. 1 Diagram of remote sensing technological system

表1 各种遥感工作平台的主要特征<sup>[2-4]</sup>

Table 1 Main characteristics of remote sensing platforms

平台		特征	轨道参数	传感器工作波段	地面覆盖范围或宽度	最大地面分辨率	最小重复周期	卫星工作寿命
气象卫星	静止气象卫星 GOES (美国)	地球同步轨道 高度 36 000 公里	可见, 红外	近 1/2 地球表面	0.9 公里(可见) 8 公里(红外)	20 分钟	5 年	
	极轨气象卫星 NOAA (美国)	太阳同步轨道 高度 833—870 公里	紫外, 可见, 红外, 微波	2 800 公里	1.1 公里 (星下点)	4 次/天	2 年	
陆地卫星	陆地卫星 Landsat (美国)	太阳同步轨道 高度 705 公里	可见, 近红外, 红外	185×185 平方公里	30 米(TM) 80 米(MSS)	18 天	3 年	
	SPOT 卫星 (法国)	太阳同步轨道	可见, 近红外	60×60 平方公里	20米(多波段) 10 米(全色)	2.5 天(侧视) 26 天(一般)	3 年	
海洋卫星	海洋卫星 Scasat (美国)	太阳同步轨道 高度 800 公里	微波, 可见, 红外	100 公里 600— 2 280 公里	25 米		100 天 (电源故障)	
	海洋观测卫星 MOS-1 (日本)	太阳同步轨道 高度 909 公里	可见, 近红外, 红外, 微波	100 公里×2 320 公里 1 500 公里	50 米	17 天	2 年	
飞机		最大航高 36 600 米, 航线任选	紫外, 可见, 近红外, 红外, 微波		小于 3 米			

遥感应用主要包括对某种对象或过程的调查制图、动态监测、预测预报及规划管理等不同的层次。它们可以由用户直接分析从遥感数据中抽取出来的有用信息来实现，也可以在地理信息系统的支持下实现。对于像自然灾害这样的快速过程，后者的重要性是显而易见的。

实践证明：现代遥感技术在地球资源、环境及自然灾害调查、监测和评价中的应用，

表 2 主要传感器的特点

Table 2 Main characteristics of remote sensing sensors

特点 传感器	工作波段	工作 方式*	有效工作条件	数据记录介质	数据传输方式	计算机 数据处 理	制图 精度
制图照像机	紫外,可见,近红外	被动	晴空,白天	胶片	胶片回收	难	高
电视摄像机	可见	被动	晴空,白天	磁带	信号发送	易	低
红外扫描仪	红外	被动	晴空,毛毛雨 昼夜均可	胶片或磁带	胶片回收或 信号发送	易	低
多波段扫描仪	紫外,可见,近红 外,红外	被动	晴空,白天	磁带	信号发送	易	低
成像雷达	微波	主动	各种天气及 昼夜均可	胶片或磁带	胶片返回 或信号发送	难	中等

\* 被动方式: 传感器本身没有照明光源,主动方式: 传感器本身有照明光源。

具有许多其它技术不能取代的优势,如宏观、快速、准确、直观、动态性和适应性强等。但是,也应看到,这种技术如果不和其它相关技术(如现代通讯、对地定位、常规调查、台站观测及专业研究)结合起来,其优势也很难充分发挥出来。

## 二、遥感在减灾中的作用

自然灾害主要是指一些能给人类社会和经济发展带来不同程度危害的突发性或快速的自然现象与过程。在当今科学技术发展的水平上,人类对许多自然灾害的规律,虽然尚无法彻底搞清,更谈不上阻止灾害的发生与发展,但却有可能充分利用已有的科学技术手段,如遥感技术等来加深对它们的了解,取得较好的减灾效果。遥感技术与其它有关技术相结合,可在减灾方面起到以下作用。

### 1. 预警

利用不同遥感平台和传感器组成的遥感数据获取系统,可以不断提供关于自然灾害发生背景和条件的大量信息。事先圈定出有关灾害可能发生的地区、时段及危险程度,使这些地区的人民在思想和行动上有所准备,采取必要的防范措施,减轻灾害造成的损失。

### 2. 监测

在灾害发展过程中,利用遥感技术可以不断监测灾害的进程和态势,及时把信息传送到各级抗灾指挥机关,帮助他们有效地组织抗灾活动,检查各种措施的效果,以便合理地使用人力物力,避免灾害的蔓延和加剧。

### 3. 评价

在成灾后,利用遥感技术可以在大范围内迅速、准确地查明灾区受损情况,如农作物、住房、工矿企业和道路破坏程度、数量与分布状况等,以便及时组织救灾、恢复生产、重建家园。其中也包括指导救济物资及保险赔款的合理发放。

### 4. 辅助决策

在防灾、抗灾和救灾诸阶段中,都有许多问题需要指挥机关决策。这时,遥感技术,特别是其中的地理信息系统,可以随时提供决策所需要的各种信息,除灾害信息外,还可提供灾区人口、经济、交通、物资等方面的数据,并能通过有关灾害分析与决策模型,提出和对比各种可能采取的对策方案,供决策者选择和参考。

一般来说,在灾害发生和发展过程中,往往会出现天气恶劣、交通阻塞、通讯中断等情况,加之灾情瞬息万变,指挥机关很难及时、准确和全面地了解现场的实况,很难果断地采取有效和合理的应急措施,以致有可能贻误时机,造成重大损失。在这种情况下,遥感技术的作用就显得格外重要了。表 3 列出了各种遥感平台和传感器在灾害应用中的效果,可供选用时参考。

表 3 各种遥感平台和传感器在灾害应用中的效果

Table 3 Effectiveness of platforms and sensors for monitoring and assessing of natural hazards

平台与传感器		应用效果										
		全球变化	灾害性天气监测与预警	旱灾监测*	水灾监测	火灾监测	病虫害监测	泥石流监测	崩塌、滑坡监测	海冰监测	灾害背景与调查	震害及其它损失调查
平 台	静止气象卫星	好	好	好	好	好						
	极轨气象卫星	好	好	好	好	好				好		
	陆地卫星				中	中	中	中		好	中	
	海洋卫星									好		
	飞机			好	好	好	好	好	好	好	好	
传 感 器	照相机						好	好	好		好	
	电视摄像机	好	好		中				好	好		
	红外扫描仪	好	好	好		好				中		
	多波段扫描仪	好	好	中		中	好	好	好	好	中	
	成像雷达		好	好	好			中		好		

\* 主要指土壤水分监测

### 三、我国灾害遥感的现状

在我国遥感技术发展过程及应用领域中,灾害遥感不仅历史长,而且内容丰富。近 20 年来,我国遥感技术先后在台风、暴雨、海冰、泥石流、火灾、水灾、旱灾以及病虫害等方面得到了广泛应用,并取得了明显的社会和经济效益。由于篇幅所限,本文只能简要地加以介绍。

#### 1. 灾害天气遥感

目前,我国气象卫星遥感图像和数据的应用已进入常规作业阶段,使各种灾害性天气的预报精度显著提高。自使用卫星云图以来,从未漏报过一次台风。当台风中心在云图上清晰可见时,其定位误差小于 50 公里,最大风力的估计误差约 5 米/秒<sup>1)</sup>。在暴雨预报方面也取得了较好的效果。1987 年 7 月,四川省出现大范围持续性暴雨,山洪爆发,长江

1) 方宗义,业务气象卫星的应用和价值,遥感技术与应用,国家科委国家遥感中心编,1984 年 4 月。

干流形成近百年来的特大洪水。由于有气象卫星遥感资料的配合,准确地作出了长江上游近日无大于 25 毫米降雨的预报。据此,防洪指挥机关果断地作出了荆江不分洪的决策,避免了滞洪区 60 万亩耕地被淹没和 40 万人搬迁可能造成的重大经济损失<sup>1)</sup>。

## 2. 泥石流遥感

自 1982 年 4 月开始,铁道部在成昆铁路沙湾—泸沽段 330 公里长的范围内,利用遥感技术对泥石流进行了普查和动态变化研究。通过对美国陆地卫星 MSS 图像的分析,查明了该段泥石流群体发育的背景,包括断裂构造体系、工程地质岩组类别及植被覆盖程度等;利用黑白航空像片等资料,获得了关于单个泥石流沟的环境因素,如地貌、构造、岩性、植被、水文和人类活动等的信息,从 205 条沟谷中确定了 73 条为泥石流沟,并把它们划分为严重、中等和轻微 3 个等级,为泥石流的防治提供了科学依据<sup>2)</sup>。

## 3. 火灾遥感

早在 70 年代初,中国科学院就与黑龙江省合作,开展了机载遥感森林探火的试验。在从 3 000 米高空透过烟雾获得的火场、火线及余火的红外扫描图像上,发现了地面 0.1 平方米的火源<sup>3)</sup>。1987 年 5 月,我国大兴安岭发生特大森林火灾。国家气象局根据 NOAA 气象卫星图像较准确地报告了火场的位置和情况。随后中国科学院遥感卫星地面站和地质矿产部的遥感飞机也相继投入工作,并监视了整个火灾发生、发展和扑灭的全过程。每天向指挥部提供火场情况(包括火区范围、火势变化及扑火措施的效果等),直接为扑灭这场大火做出了贡献。中国科学院遥感卫星地面站还利用陆地卫星 TM 数据,编制了火场卫星影像图,为森林火烧程度评价及监测火后生态变化提供了重要资料。林业部利用陆地卫星 MSS 数据进行了林区易燃物分类,编制了易燃物分布图,其准确度达 80% 以上,有效地支持了林火预警研究<sup>4)</sup>。中国科学院先后在 1988 和 1989 年进行了航空遥感林火实时监测系统的试验。由飞机传输到地面的图像,不仅分辨率较高,而且还标明了火源的地理坐标,为今后的林火实时监测提供了一种先进的技术手段。

## 4. 水灾遥感

1987 年 6 月国家科委组织水利部、中国科学院、国家测绘局等部门开始实施“防汛救灾遥感应用计划”,先后于 1987,1988 和 1989 年分别在永定河、黄河和长江进行了 3 次大型试验。旨在解决建立洪水遥感实时监测评价技术系统中的一些关键性技术问题。该试验在各部门已有技术(如中国科学院的机-地遥感图像实时传输技术等)的基础上,充分利用了气象卫星、陆地卫星、通讯卫星、遥感飞机及地面台站的综合优势,把遥感、遥测、信息系统、通讯技术以及实况调查结合起来,实现了洪水遥感实时监测及实况图像和数据的远距离传输,使中央防汛指挥部能够在北京直接监视灾害现场的情况。特别是在 1989 年长江试验中又使用了机载合成孔径雷达。现场的雷达图像在飞机返回基地后 3 小时可传至中央防汛指挥部,实现了雷达图像的准实时传输,增强了系统的全天候工作能力。

## 5. 旱灾遥感

- 1) 据国家气象局卫星气象中心邢福源资料。
- 2) 卓宝熙,遥感技术在铁路勘测和灾害防治中的作用,铁道部专业设计院,1989 年 8 月。
- 3) 姜景山、何欣年、范忠范,重大自然灾害的遥感监测、评价决策及发展趋势估计,中国科学院遥感联合中心,1989 年 5 月。
- 4) 寇文正、李留瑜,遥感技术在森林灾害监测和损失评估中的应用,林业部调查规划设计院,1989 年 7 月。

中国科学院自 1984 年以来,一直致力于利用红外和微波遥感技术监测土壤湿度的试验研究,旨在解决大面积旱灾的监测问题<sup>[5]</sup>,并于最近取得了较大的进展。他们利用 NOAA AVHRR 磁带数据、气象站观测数据及自己建立的一个实用模型,估算了河南省不同日期的土壤湿度。麦地土壤湿度估算值与实测值之间的误差为 21%<sup>[6]</sup>。此外,他们还采用热惯量方法处理气象卫星数据,导出了裸地的土壤湿度,效果也很好。

#### 四、对我国灾害遥感发展的设想

大量的灾害遥感试验研究成果,充分地显示了遥感技术在减灾活动中的重要作用和独特优势。然而由于具体灾害在时间上的突发性、在空间上的随机性、在种类上的多样性、在条件上的恶劣性以及在后果上的严重性等特点,因而在快速、机动、准确和集成等方面对遥感技术提出了新的更高的要求(表 4)。因此,在改善现有技术条件和试验研究的基础上,尽快研制和建立实用性的全国重大自然灾害遥感实时监测评价技术系统,就成为今后发展我国灾害遥感的中心环节和主要任务。

表 4 自然灾害监测评价对遥感技术的要求

Table 4 Requirements for remote sensing technology to monitoring and assessing of natural hazards

灾害应用要求	具体说明	主要技术问题
快速	视不同灾害种类响应速度应在 1 小时至 10 天范围内	1. 全国灾害危险程度分区; 2. 多发区灾害信息系统建立; 3. 灾害的早期发现和预警; 4. 遥感技术系统配套及能力的提高
机动	具有全天时、全天候及在任意地区作业的能力	1. 红外、微波灾害遥感技术发展; 2. 机—星—地遥感监测数据远距离实时传输; 3. 地面流动通讯指挥车研制
准确	对灾害及损失定位、定性及定量准确	1. 引入高精度定位 (GPS) 技术; 2. 提高遥感分类精度; 3. 发展灾害损失遥感定量评价技术
集成	灾害监测评价技术系统要适应多种灾害应用的需要	1. 灾害遥感技术模块化发展; 2. 灾害遥感技术模块优化和组合及装配技术发展; 3. 新型灾害传感器研制

这种技术系统,实际上是一个能综合利用国内外对地观测卫星(包括气象卫星、陆地卫星和海洋卫星等)、全球定位系统 (GPS)、通讯卫星、航空遥感和地面数据获取系统,并把遥感、遥测、对地定位、传输通讯、数据处理、应用模型、信息系统、台站观测、常规调查以及灾害研究等技术有机地结合起来,面向全国或大范围地区、可满足多种自然灾害监测评价和辅助决策需要的多层次、立体交叉作业的应用技术系统。其具体构成如图 2 所示,主要包括<sup>1)</sup>:

(1) 航天遥感灾害宏观监测系统,其中包括气象卫星宏观监测与预警系统、重点灾区灾情及背景快速制图系统;

(2) 航空遥感灾害全天候实时监测系统,包括灾害传感器系统、高密度数据记录系统、机载数据处理系统、高精度定位系统、机—地和机—星传输系统、高精度摄影快速处理

1) 童庆禧、阎守崑、何欣年,我国重大自然灾害监测、评价与辅助决策技术系统的基本构思,中国科学院遥感应用研究所,1989 年 10 月。

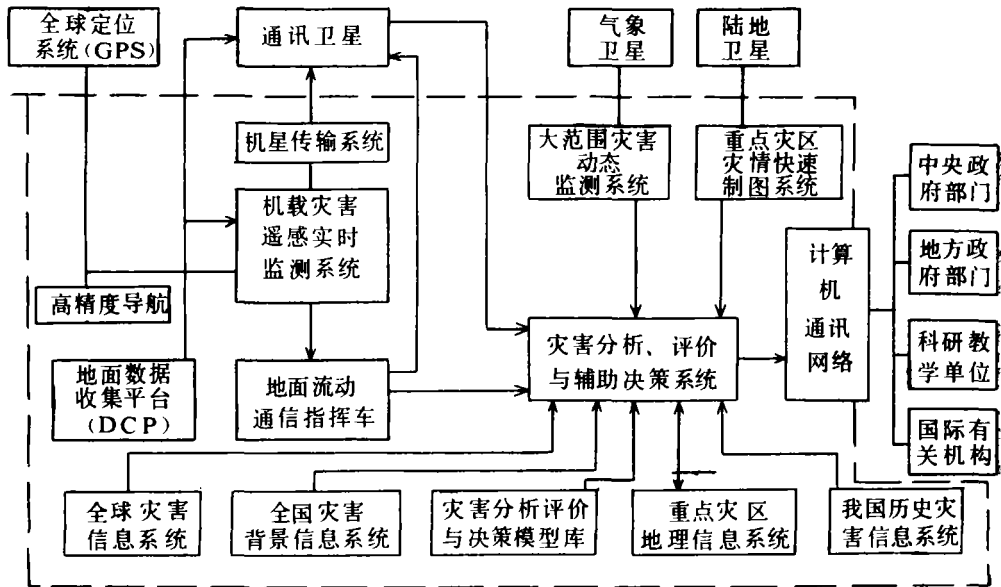


图2 我国重大自然灾害遥感监测评价系统

Fig. 2 Remote sensing technological system for monitoring and assessing of natural hazards

系统及快速数字立体测图系统等；

(3) 地面灾害及背景监测系统，包括地面数据自动收集平台(DCD)、全国及区域性地面灾害监测站网与相应的数据库系统；

(4) 灾害及背景数据库系统，包括全球灾害数据库、全国历史灾害数据库、全国及重点灾区地理信息系统(包括地形、人口、经济、交通及物资等内容)；

(5) 灾害分析、评价与辅助决策系统，包括有关灾害分析、评价与防治救援决策模型库及其管理系统和专家系统等；

(6) 灾害防治救援通讯、传输与指挥系统，包括全国减灾指挥系统、地面流动通讯指挥车系统、分布式计算机网络、用户工作站以及上述诸系统的接口、控制与调度系统等。

这个系统的主要工作过程是：根据气象卫星及其它来源的信息，对全国灾情逐日监测与预警，及时确定重大自然灾害的发生及其地区。然后，将具有高精度定位、全天候和快速响应能力的灾害遥感飞机派往现场，并通过通讯卫星或地面微波线路，将灾情实况图像及有关数据分别传送到中央和地方指挥机关或灾害分析中心。这些灾害实况数据进入事先建好或临时快速建成的信息系统，由建立在灾害研究基础上的相应分析评价与辅助决策模型加以分析处理，并提出一些相应的对策方案，供各级指挥机关决策时参考或选用。由各级指挥机关作出的决策，迅速返回灾害现场，指导各种减灾活动的实施。这种信息的频繁交换与系统的指挥调度，由灾害防治救援通讯、传输及指挥系统完成。这样就可使全国减灾工作能够建立在一个比较科学和现代化的基础上合理和有效地使用人力物力，并取得尽可能大的减灾效果。

综上所述,灾害遥感技术及其应用是一项意义重大、涉及面广、构成复杂、技术难度大的系统工程项目。为了加速此项目的完成,需要充分利用已有的技术条件和“七五”攻关成果,并在“八五”期间专门立项,组织全国的遥感力量协作攻关,并同世界各国及有关国际组织加强联系和合作,共同为“国际减轻自然灾害十年”做出积极贡献。

### 参 考 文 献

- [1] 阎守邕,遥感技术的系统分析和发展战略探讨,空间遥感技术综合应用预测及效益分析,国家科委国家遥感中心编,学术期刊出版社,1988年。
- [2] ASP, "Meteorological Satellites", Chapter 14, Manual of Remote Sensing, Second edition, Vol. I, 198 pp. 651—679.
- [3] Yoshihiro Ishizawa, et al., "Marine Observation Satellite-1 (MOS-1)", RIENA, Space Meeting Proceedings, Rome, 1987. 3, pp. 30—36.
- [4] G. Brachet and P. Gonfreville, "Towards An Operational SPOT System. A Priliminary Assessment", Proceedings of 15th International Symposium On Remote Sensing of the Environment, May, 1981, pp. 445—460.
- [5] 黄扬等,“土壤含水量与其微波反射特性关系的研究”,环境遥感,1(2),1986。
- [6] Tian Guoliang, et al., "Estimation of Evapo-transpiratron and Soil Moisture for Wheat Field Using NOAA-AVHRR Image and Ground based Meteorological Data," Institute of Remote Sensing Application. CAS, 1989, 11.

## EFFECTS, CURRENT STATUS AND TENTATIVE IDEAS ON REMOTE SENSING OF NATURAL HAZARD IN CHINA

Yan Shouyong

*(Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing)*

### Abstract

Based on the characteristics of Remote Sensing techniques, it is discussed in detail that these techniques play a very important role in natural hazard mitigation activities, such as early warning, real time monitoring, quick assessing and decision making. After briefly reviewing the current status on Remote Sensing of natural hazard, some tentative ideas are presented. Author firmly believes that it is a main and very emergency task to develop an operational remote Sensing technologcial system for monitoring and assessing of natural hazards in China. The System will consist of (1) Satellite Remote Sensing monitoring system; (2) Airborne Remote Sensing monitoring system with all-weather, real-time and flexible capabilities; (3) Ground based monitoring system; (4) Natural hazards and their background data base system; (5) Hazard analysis, assessment and decision making support system and (6) Communication and command system for natural hazard mitigation.

**Key words** Natural Hazard Remote sensing Technological System