

# 中国遥感技术应用的进展\*

杨世仁

(中国科学院遥感应用研究所)

1986年9月12日收稿

在我国实现四个现代化的过程中,资源调查、环境保护、规划和决策的科学化是十分重要的。这些要求促进了遥感技术应用的飞速发展。中国科学院和农、林、水利、测绘、地质、宇航、核工业、铁道、气象等部门,以及各有关高等院校,均已建立了遥感技术及其应用的研究所、中心、地面接收站等;有些省市也建立了地区性的遥感应用研究中心;还建立了多个以遥感技术服务为目的专业公司。数以千计的专业人员,正在积极从事遥感技术及其应用的研究发展工作,并取得了很大的进展。

## 一、遥感资料的获取和处理

我国自陆地卫星地面站在1986年夏天试运行后,已可以收取和分发美国陆地卫星的多光谱扫描仪(MSS)和专题测图仪(TM)图像数据,以后还将接收法国的SPOT卫星数据。通过国际交流的途径,美国航天飞机大相幅相机(LFC)、侧视成像雷达(SIR-A, SIR-B)、法国SPOT卫星图像等,也已在某些研究工作中得到应用。我国的气象部门早就开始接收NOAA/TIROS-N图像,除气象应用外,还应用于非气象专业。航天工业部发射的国土卫星系列,已成功地收取了多种遥感图像,并正在发展具有周期性实时传输性能的遥感卫星。随着空间技术的进展,航天遥感将得到日益广泛的应用。

在航空遥感方面,我国已引进了航高在10000 m以上的遥感飞机10架以上,其中包括Lear Jet, Super King Air, Cessna Citation等型号的飞机。它们装有高分辨率的航空摄影相机、多光谱扫描仪、侧视雷达等仪器。此外,还有几十架中、低空遥感飞机。中国民用航空专业航空公司、中国航空遥感服务公司等,已开展航空遥感的商业服务。

我国自行研制的遥感传感器包括多光谱相机、多光谱扫描仪、多波段红外扫描仪、CCD相机、各种波段的微波辐射计、扫描微波辐射计、真实孔径和合成孔径侧视雷达、成像光谱仪等,均已进行了各种试验应用,并将发展成为实用系统。

在遥感图像数据的分析处理上,计算机图像处理技术已获得广泛的应用。目前,已引进美国国际图像公司(IPS)的500、600系统50个以上,Optronic公司的OASIS系统6

\* 提供资料的单位有中国科学院遥感应用研究所、成都地理研究所、广州地质新技术研究所、长春地理研究所、兰州冰川冻土研究所、地质矿产部地质遥感中心、水利电力部遥感中心、北京农业大学全国农业遥感应用与培训中心、煤炭工业部遥感地质应用中心、核工业部地质遥感中心、林业部调查规划设计院、国家测绘局测绘科学研究所、中国民用航空工业航空服务公司、国家气象局卫星气象中心、国家地震局地质研究所、湖南省遥感中心、辽宁省环境保护科学研究所、新疆八一农学院草原系、《铁路航测》编辑部等。

个,加拿大 DIPIX 公司的 ARIES II 和 III 系统 25 个, log E/ISI 公司的 VIEWS 系统 4 个,此外,还有日本的 Kimoto, 和法国的 Pericolor 等系统。与此同时,中国科学院遥感应用研究所发展了具有完善处理功能的 IRSA-2 遥感图像处理系统,电子工业部华北计算技术研究所、清华大学、北京邮电学院、中国科学院空间科学技术中心等单位,也分别发展了中小型数字图像处理系统。目前已开始开发以微机为基础的数字图像处理系统。

## 二、遥感在土地资源调查中的应用

土地资源调查对制订我国经济发展规划是十分重要的。国家遥感中心资料部曾组织有关单位,利用 MSS 图像进行全国各省的土地利用面积和十五种土地类型的量测,取得了我国土地利用现状的较为全面可靠的数据。中国科学院遥感应用研究所在天津市 12000 km<sup>2</sup> 面积上,使用航空彩色红外照片进行土地详查,精度达到 90% 以上,节省人力 1/2、经费 1/3,比原计划提前一年半完成。1985 年承担了西藏自治区的土地利用现状调查工作。西藏自治区面积为 1220000 km<sup>2</sup>,人口 180 万,平均海拔高度为 4500 m。在这样地形复杂人烟稀少的地区,若用常规方法进行土地资源调查是极其困难的。但由于采用了各种航天遥感资料,包括 78 帧陆地卫星 MSS 图像数据,可能获得的 TM、LFC 和 SIR-B 图像数据,加上样区的航空遥感资料,以及和试验区野外调查相结合的方法,已取得实际进展,预期可在 1990 年完成全区的调查。从已完成的试验区结果来看,这一方法是切实可行的。

中国科学院新疆地理研究所,组织有关单位在塔里木河流域进行了航空遥感调查,了解了该流域的土地利用现状,对发展农牧业和植树造林具有重要的指导意义。中国科学院成都地理研究所,为四川省的地、县进行了土地资源和土地利用的遥感调查,编制了四川省及攀西地区,夹口、大邑、米易等县的专题图。南京大学地理系用 MSS 图像编制了四川省 1:100 万土地利用图,武汉地区 1:100 万地貌图,及福建沙溪流域土地利用图,还利用彩色红外航空像片进行了南京市鼓楼区、四川省渡口市的城市环境和城市发展的研究。我国林业部门在 1981—1983 年利用 MSS 图像进行了“三北”防护林地区的土地利用现状调查,利用目视判读,将土地利用现状分成 7 个大类 24 个亚类,并编制了土地利用分类图,为我国防沙林带的建设提供了有用的资料。

中国科学院长春地理研究所,在 1983—1985 对三江平原 108900 km<sup>2</sup> 面积进行资源遥感复查,完成了土地利用、土地资源、草场、植被等十余套 1:20 万的专题图,1:5 万、1:50 万和 1:100 万的专题图 100 余幅。同常规方法相比,节省时间和人力 2/3。复查的结果,耕地比原有数据增加 21%,沼泽地为原有数据的 46%。此外,还对新疆博斯腾湖、内蒙乌拉盖河流域和三江平原地区的芦苇资源进行了遥感清查,在一年的时间内就查清了芦苇的类型、面积、产量和贮量等。还用 1986 年 8 月 4 日和 14 日的气象卫星数据,及时调查了松花江、洮儿河、东西辽河的洪水淹没情况及涝区范围。

新疆八一农学院在乌鲁木齐地区进行了草场资源遥感调查,并将这种方法推广应用到全疆的 80 多个县。试验结果表明,用遥感方法比用常规方法提高精度 10—13%,节省经费 40% 左右。此外,还和中国科学院空间科学技术中心合作,进行了计算机草场分类制图的研究,取得了很好的结果。

### 三、遥感在城市环境监测中的应用

随着我国经济建设的发展,城市环境问题愈来愈显得重要。中国科学院遥感应用研究所和天津市环境保护局组织有关单位,采用多种遥感资料,对天津市的环境,包括水、大气、热的污染及其对生态环境的影响进行了调查,并利用计算机辅助制图系统,编制了天津市环境质量图集,提供天津市城建和环境保护部门使用。

辽宁环境遥感中心利用遥感和其它测试仪器,对城市工业区和居民区大气污染的三维空间分布、迁移扩散规律及其与工业城市热岛效应的关系进行了研究,提出了新的大气污染扩散模型。

近年来,北京、上海、沈阳、重庆、洛阳等城市的有关部门,也先后开展了用遥感技术进行环境调查和质量评价的工作。

### 四、遥感在农业中的应用

遥感在我国的农业部门也日益得到广泛的应用。从 1982 年开始,利用航空照片,对河北省曲周县约 3000 km<sup>2</sup> 面积进行了盐渍土的解译制图。利用 1:20 万的 MSS 图像,对河北邯郸、邢台、沧州,内蒙巴彦淖尔盟等地区约 8 万 km<sup>2</sup> 的面积,进行了土壤类型的解译制图。这些地区包括山地、海岸带和荒漠等不同土地类型。并在沙土、盐渍土和粘土的解译方面取得了良好的效果。1983—1984 年完成了海河流域(河北、内蒙、北京等)约 40 万 km<sup>2</sup> 面积的 1:20 万的土壤侵蚀卫星像片目视解译图。

在中国科学院组织的“黄淮海低产农田改造”项目中,中国科学院遥感应用研究所所在河南天然文岩渠流域使用航空彩色红外照片,作出了 4000 km<sup>2</sup> 面积的地貌、土壤、土地利用、涝情分析、土地类型等专题图件二十余种,为制订区域综合治理规划提供了实用的数据。

我国的农业部门还在河北省和北京市系统地开展了用遥感方法进行农作物估产的研究;用陆地卫星图像在黄淮海流域 313 个县 30 万 km<sup>2</sup> 内的 18 万 km<sup>2</sup> 耕地上,进行了小麦大面积估产的试验;在内蒙、河北等地约 22.7 万 km<sup>2</sup> 的面积上进行了草地资源调查,此外,在用红外监测麦蚜虫害及水稻估产模式的研究中,也取得了进展。

湖南省遥感中心利用遥感技术进行了芦苇资源调查,查明了洞庭湖芦苇分布范围约 600 km<sup>2</sup>,估算出产量为 60 万吨,估产精度达 90%。

### 五、遥感在林业中的应用

我国林业部门从五十年代就已使用航空像片进行森林资源调查。林业部调查规划设计院等单位于 1977 年使用 MSS 图像与航空像片相结合,进行了西藏自治区的森林资源清查。50 多名技术人员用了 7 个月时间,就基本查清了西藏的森林面积和蓄积量,并绘制了该地区的森林分布图。在黑龙江江山娇林场、广东南昆山林场,建立了两个林业遥感试验场,进行了各种遥感技术的应用研究工作。在前五年中,还以福建林区为试验区域,进行了遥感技术在森林资源动态监测中的应用研究,取得了 15 项有用的研究成果。在该试验区中,还进行了航空侧视雷达图像在林业中应用的可行性试验研究,用遥感图像进行火灾迹地调查,也取得了可靠的结果。

中国科学院成都地理研究所在四川王朗自然保护区利用光谱反射特性,对不同生长期的箭竹进行了监测,并对大熊猫的主食箭竹的开花期进行了预测。这些工作对珍贵野生动物的保护是十分有意义的。

## 六、遥感在水文和水电方面的应用

遥感在我国水文和水电方面已获得广泛的应用。仅水电部门就有几百人从事遥感应用方面的工作。

遥感资料曾有效地用于洪水灾情监测和洪水泛滥面积估算。1985年辽河大水,用机载雷达在22小时内完成了辽河下游11000 km<sup>2</sup>的侧视雷达的成像、回放和镶嵌;NOAA卫星资料曾用于同年辽宁和合肥地区的洪水监测;MSS图像曾用于估算1981年三江平原的洪水泛滥面积估算。1986年辽河再度泛滥,又使用了彩色红外航空摄影来监测洪灾面积和分析洪水泛滥的原因。

我国水土流失严重。利用遥感技术研究土壤侵蚀类型,确定河流泥沙来源,分别轻重缓急进行治理,是国土整治中有效而又节省的办法。水利部门使用遥感图像,将永定河官厅以上地区的土壤侵蚀状况分成15个类型,对水土流失严重的地区,采用修建水土保持工程来进行治理。这一方法对工程的规划和部署有很大的作用,已在全国七大江河和各内陆河流域全面展开。

水库淹没损失调查是水电工程建设中的一项重要工作。水电部门在板桥水库用遥感方法进行的库区淹没损失调查,与常规方法相比,每平方公里可节省经费上千元、上百个劳动日。中国科学院遥感应用研究所对四川雅砻江二滩、广西北部红水河龙滩水库进行了淹没损失详查。中国科学院成都地理研究所进行了长江三峡水库淹没损失估算及周围环境对移民承载能力的评价,为三峡工程计划部门提供了可靠的参考资料。

在水文地质方面,遥感技术是查明泉点、地下水溢出带、隐伏含水断裂、古河道及咸淡水分布区的有效手段。我国的地质部门为50幅1:20万区调图补充了水文地质资料。在四川成都平原划分了地下富水和贫水地段,并估算了水量。在大连沿海利用热红外扫描圈定了若干淡水泉点。水电部门所进行的内蒙古兴安盟地下水资源的分析与制图、山西豆罗水源地地下水资源调查及深圳赤湾地下水资源调查中,由于使用了遥感资料,加快了工作进度,提高了调查质量。

遥感技术还广泛用于河口和海岸带的研究。水电部门应用实地同步观测数据,对珠江口磨刀海域的多光谱图像进行监督分类,得到-0.5到-5m以下六种不同水深的区域,供该地区围垦和浅海养殖使用。

中国科学院遥感应用研究所研究了黄淮海平原的水域演变,利用了近30年来的航空像片,20个时相的卫星资料,及MSS、TM和SIR-A图像的匹配复合,共识别出古河道150多条,古湖沼洼地240多个,面积约12000 km<sup>2</sup>,而目前只剩下湖泊20多个。白洋淀在1961—1985年间减水面面积约400 km<sup>2</sup>。通过1975—1985年十年的卫星资料分析,黄河三角洲平均造陆率为每年21.4 km<sup>2</sup>。这是其它方法难以获得的数据。

中国科学院空间物理研究所和湖南省遥感中心等,在1985年6月进行了洞庭湖水情机载遥感图像实时传输试验,在地面屏幕上可实时接收到清晰的地物图像。该中心还和

中国航空遥感服务公司合作,用机载合成孔径雷达获取的图像来绘制洞庭湖地区 1:20 万水系图。这些材料对洞庭湖水情监测和防洪决策有着重要的作用。

## 七、地质遥感应用

我国地质部门已有多年应用遥感技术的经验。地质矿产部规定 1:20 万区域地质调查中必须使用遥感资料,在 1:5 万区域地质调查中推广使用遥感和物理化学勘探数据的复合分析。该部应用遥感资料在四川发现 57 个泥炭产地,预测贮量近 20 亿吨,在甘肃北山发现中型金银矿、中型钨钼银矿各一个,小型菱镁矿一个。

遥感资料也广泛应用于灾害地质和工程地质的分析中。例如,分析了长江新滩、甘肃洒勒山等地的大型滑坡的分布和成因,北京地区的泥石流分布及预测,福州经济区的地质构造等。对长江三峡地区的遥感资料分析表明,现拟定的坝区区域稳定性良好,无区域性大断裂通过,但在库区干流有较大的古滑坡、崩塌体 33 处。这对评价三峡水库库岸稳定性是极其重要的。遥感技术可为重大工程项目提供地质构造稳定性的资料。中国科学院遥感应用研究所曾利用卫星和航空遥感资料为山东龙口电站、广东核电站、宁夏大坝分水岭电站、内蒙乌海电站、四川雅砻江二滩电站和广西红水河龙滩电站,进行区域地质稳定性分析和工程环境评价,为电站建设提供了可靠的依据。

中国科学院广州地质新技术研究所曾利用陆地卫星 MSS 图像,对四川西部进行地质调查,发现了多条北西、东西向断裂,环形和隐伏构造。在安徽东部地区进行 1:5 万地质填图时,发现了北西、东西向断裂和环形构造,四个古火山口,圈出了找矿的有利地段。由于使用了遥感资料,还节省了投资 1/3、人力 1/2、时间 2/3。

国家地震局地震地质研究所用遥感图像来研究强地震发生的地质构造背景,提出了有可能发生地震的地区。他们还编辑出版了《中国活动构造典型卫星影像图集》等材料,为地震成因研究和地震中、长期预报提供了有用的资料。

我国铁道部门已将卫星和航空遥感图像用于铁路的工程地质选线、滑坡、崩塌等铁路工程病害的分析研究中。例如,1939—1944 年修建的宝鸡至天水段铁路全长 155 km,1949 年曾塌方 104 处;1954 年发生大滑坡 10 处、严重崩塌 10 处、泥石流数十处。1956 年和 1962 年曾两次对该线路进行病害整治,耗资 1.3246 亿元。铁道部门详细地分析了该地区的遥感资料,找出工程病害与断裂的关系,为原有线路的治理及新建铁路的选线提供了科学依据。

## 八、遥感技术在煤炭工业中的应用

煤炭部遥感中心曾在太原西山煤田对华北石炭二叠纪煤田标准地层剖面进行分层测试,确定煤层和煤系地层的反射特征,建立了煤层的热辐射模式。并进行了航空彩色红外、多光谱摄影,多光谱和热红外扫描,及雷达遥感试验,总结出了有效的煤炭遥感方法和作业程序。该中心还利用遥感图像,在大兴安岭西坡发现了乌尼特煤田,找出了含煤盆地边界和控制煤田的主要构造,划分了四个二级含煤盆地。经验证,煤层厚 40 m,煤储量为 34 亿吨。他们还利用遥感图像填制了 1:5 万到 1:2 千共五种大比例尺煤田地质图,比常规方法提高工效三倍,降低成本 2/3,并编制了 1:100 万到 1:10 万的四种煤田地

质图。

1984 年开滦煤矿范各庄矿发生井下特大突水事故,涌水量达  $2070 \text{ m}^3/\text{min}$ ,淹没矿井,损失达数十亿元。通过遥感方法找到了王喜庄活动断层是井下涌水的主要通道,指明了治水防水的方向。此外,还在陕北神木煤田探测出了火区和烧变范围,为保护煤炭资源提供了有效的数据。

## 九、遥感在铀矿勘探中的应用

核工业部地质遥感应用中心在云南、江西、湖南、河北、内蒙、甘肃等地区,应用各种航空和航天遥感资料,对铀矿地质、铀成矿条件进行了分析。圈定出铀成矿带一条,一级铀成矿远景区 32 个,二级 23 个,三级 25 个,深部揭露靶区 5 个,其中有的地段已找到铀矿。利用 MSS 和 SIR-A 资料,对华北地台北缘进行 1:50 万的地质解译,划出了华北块体北缘缝合线,并确认该线和弧后断裂带之间所夹的台槽过渡带是区域性的铀成矿远景区。利用遥感资料,还在江西省确定出铀矿田的空间位置为东西向断裂与深断裂复合带交切的北北东向断裂喷发带。在内蒙狼山地区,确定出控铀矿的成矿和影像识别模式,圈定出五个深部揭露靶区。

## 十、遥感在冰川积雪及冻土研究中的应用

中国科学院兰州冰川冻土研究所的研究结果表明,对雪的最佳遥感谱段为  $420\text{—}450 \text{ nm}$ ,  $840\text{—}910 \text{ nm}$ ,  $950\text{—}1100 \text{ nm}$ ;对冰的最佳遥感谱段为  $670\text{—}760 \text{ nm}$ 。利用 NOAA-5 资料,成功地研究了我国东北和华北地区的积雪和融雪径流。利用 NOAA/TIROS-N 的 AVHRR 和 APT 系列云图,对黄河上游和祁连山地区的积雪进行了动态监测,并对黄河上游和黑河流域的融雪径流进行了实时预报。

应用 Landsat MSS、RBV 图像,航空像片和地形图进行冰川资源调查,已查明我国境内各山系的冰川面积共计  $56471 \text{ km}^2$ 。编制了 1:400 万的中国现代冰川分布图。完成了我国帕米尔、天山、阿尔泰和祁连山冰川编目。在冻土调查中,实验结果表明,冻土区红外最佳遥感时段为春季凌晨。多光谱图像对多年冻土类型的区分有一定限制,但能帮助识别厚层地下冰,为利用遥感图像判定多年冻土分布范围创造了条件。

## 十一、气象卫星遥感资料的应用

我国早已接收和使用气象卫星资料来进行气象分析与预报。对青藏高原和洋面上常规气象资料稀少的地区显得特别重要。

气象卫星资料是对台风发生、发展进行实时监测的重要手段。如 1986 年 7 月上旬的 7 号台风,是 30 年来南海海域最强大的台风,由于及时和准确的预报,大大减轻了人畜伤亡和经济损失。气象卫星上的 AVHRR 信息具有数据获取重复频率高、视野宽的特点,近两年来已广泛用于环境监测。例如,根据计算得到的植被指数来估算华北地区的冬小麦产量和内蒙古锡林郭勒盟地区的牧草产量。1985 年 8 月,曾用于监测位于辽河下游北岸盘山县洪水淹没的情况。1986 年 4 月中旬,内蒙古兴安盟西南的森林火灾区,在 AVHRR 图像上清晰可见。这场火灾延续了 6 天,烧毁了森林、草场约  $2000 \text{ km}^2$ 。

在国家气象局的帮助下,渔业公司利用气象卫星观测的海面温度,分析洋流梯度来寻找渔场,使去冬捕捞量比往年同期有明显增长。

## The Application of Remote Sensing Techniques in China

Yang Shiren

*(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)*

### Abstract

In this article, the current status of the application of remote sensing techniques in China is introduced. Due to urgent requirements in resources exploration, environmental protection, and scientific decision-making, remote sensing techniques and applications are developing rapidly in China. The Chinese Landsat Ground Station was put into operation this summer, and more than thirty low and medium altitude aircraft for remote sensing applications are now operational, some of them operated by airborne remote sensing corporations. Digital image processing systems are widely used in remote sensing applications. New instruments and sensors have been developed, and are now in use.

In land use survey, Landsat MSS and TM, Large Format Camera, SLR-A and SIR-B space shuttle imagery, Space Lab Metric Camera imagery, and aerial color infrared photographs are used for land use mapping at different scales. Landuse maps at a scale of 1:1,000,000 based on Landsat MSS imagery and land inventories of the Tianjin region, the Tarim River Basin and the Tibet Plateau done with the use of different types of remote sensing imagery all demonstrate the successful practical applications of remote sensing.

Pollution detection and environmental monitoring become more important with the increased industrialization of urban areas. In recent years, remote sensing techniques have been used in the cities of Beijing, Shengyang, Shanghai Chongqing and Luoyang for environmental quality assessment.

In agricultural applications, Landsat MSS imagery, airborne infrared photos and multispectral data have been used to detect the degree of soil salinity and alkalinity in Henan and Hebei provinces and the Inner Mongolia Autonomous Region. Crop yield forecasting and grassland resources surveys have been carried out by remote sensing agencies under the Ministry of Agriculture.

Aerial photos have been used for timber survey since the 1950s by the Ministry of Forestry. Two test sites have been established for experiments in forestry remote sensing. Multiple data sources including MSS, airborne infrared and sidelooking radar imagery are used in forestry remote sensing research.

Remote sensing images have been used for real-time flood hazard detection by the remote sensing agencies under the Ministry of Water Conservancy and Electric Power. Remote Sensing techniques are also used in analyzing soil types for prevention of soil erosion. Some research results have been used in engineering planning for water conservancy for the seven most important rivers in China. Evaluation of land areas submerged by reservoirs is another important application of remote sensing. In hydrogeology, remote sensing imagery plays an important role in lo-

cating water springs, underground water overflow zones and concealed water-bearing fractures in arid areas. The mapping and analysis of ground water using remote sensing imagery increases survey speed and improves accuracy. Remote sensing imagery is also widely used in estuary research and for recognition of old river basins.

Remote sensing techniques have been successfully applied in geological mapping and structural analysis, mineral exploration, hydrogeology, and seismological studies. The Ministry of Geology and Mineral Exploration has determined that remote sensing imagery must be used in regional geological surveys at the 1:200,000 scale. Many mineral deposits have been discovered with the help of remotely sensed image data. Many large landslides and debris flows have been analyzed and forecasted. Knowledge of these is very useful for site selections, construction, geological stability analysis of dams for reservoirs and power plants. Remote sensing techniques also provide basic information for long and medium term earthquake prediction in areas when intense earthquakes may occur.

The Ministry of Coal Industry uses remote sensing imagery successfully in coal field exploration. For example, total storage of coal is estimated at about 7.2 billion tons in the coal field found recently in Inner Mongolia. Large-scale coal field geological maps were compiled by using thermal infrared scanning imagery in Shanxi Province.

Satellite and airborne remote sensing imagery has been used by the Ministry of Nuclear Industry for exploration of potential areas of uranium deposits, some of which have later been confirmed. In some test areas, the correlation between uranium deposits and image patterns provides an effective means of finding the deposits.

At the Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, snowmelt runoff is successfully estimated using remote sensing imagery. AVHRR and APT images of the NOAA/TIROS-N Satellite are used for snow cover change detection in the upper reach of the Yellow River and the Qilin Mountain ranges. The total area of glaciers in China was precisely measured from remote sensing images to be 56.471 sp. km.

Meteorological image data are widely used for Typhoon forecasting, flood area estimation, vegetation stress analysis and fisheries studies. The latest reports point out that the nonmeteorological applications of meteorological image data are very substantial.