

灌区遥感应应用

徐 美, 李纪人, 阮本清

(中国水利水电科学研究院, 北京 100044)

摘 要: 随着遥感技术本身的发展及其在各领域、各种尺度应用的逐步推广, 其在灌区的应用也正在并且将会发挥更大的作用, 这主要表现在三个方面, 一是有关灌区背景信息获取即水土资源环境的调查, 如土地利用类型及其变化、灌区生态状况及其变化、地表及地下水资源调查等, 二是灌区农作物信息获取, 如农作物种植结构及种植面积调查、农作物长势监测、作物估产、作物灾情监测, 三是灌区水平衡要素方面, 如作物蒸腾发、区域降雨量、土壤湿度等最终可以服务于农作物需水量估算, 辅助灌区灌溉配水方案决策。

关键词: 遥感; 灌区; 农作物; 土壤湿度

中图分类号: TP79; S274

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)05-0023-04

Application of Remote Sensing Technology in Irrigation District

XU Mei, LI Ji-ren, RUAN Ben-qing

(China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract: With the development of remote sensing technology and expand of its application in so many kinds of fields and scale, it is and will have much effect on irrigation district. It can be concluded to three aspects, one is investigation about water and land background information in irrigation district, such as land use type and its change, distribution of water and irrigation system, and eco-environment, one is get information about crop in irrigation district, such as crop type distribution and area, monitor of crop growing situation, crop yield assess and crop disaster, the other is estimation about water balance factors such as crop evapotranspiration, precipitation and soil moisture which can be used to measure the crop water requirement, and assist irrigation district to make decision about water collocation and irrigation plan finally.

Key words: remote sensing; irrigation district; crop; soil moisture

灌区以灌溉农业发展为主, 我国大部分地区的农业依赖灌溉, 全国灌区面积占总耕地面积的 40% 不到, 粮食产量却占到 74% 多, 尤其是大中型灌区, 在我国农业中的地位举足轻重, 所以一定程度上灌区的发展水平也代表了我国农业发展水平。目前, 我国灌区的灌溉管理和信息化程度总体上处于较低水平, 灌区信息的采集、传输、使用等方面的科技含量较低, 基础信息采集点少且手段落后, 在诸如水质、土壤墒情、作物长势、作物旱情等方面的监测工作相对落后, 多数仍然采用传统的灌溉经验进行灌溉, 无法适应雨水情、气候、作物种植结构等因素的变化情况, 造成水土资源浪费等后果。

遥感技术的最大特色: 能提供宏观的、实时的连续动态地面观测, 分辨率高, 这决定了它能在灌区尺度上发挥重要的作用。遥感技术的引进将会对灌区生产与管理水平有显著提高。对灌区来讲, 最基本的问题就是提高作物产量的同时要节水灌溉, 再就是灌区本底水土资源状况。所以, 面对这些主要问题, 遥感技术在灌区的应用主要表现在三个方面, 一是有关灌区背景信息获取即水土资源环境的调查, 如土地利用类型及其变化、灌区生态状况及其变化、地表及地下水资源调查、灌区渠系分布等, 二是灌区农作物信息获取, 如农作物种植结构及种植面积、农作物长势、作物估产、作物灾情信息, 三是灌区水资源配置方面, 如作物蒸腾发、土壤湿度、降雨量等基础水量平衡要素信息, 对农作物实时需水量进行估算, 指导灌区进行灌溉配水方案的决策。下面将分析

遥感技术在灌区的典型应用。

1 灌区水土资源背景信息获取

对于灌区来讲, 水土资源为根本, 灌区水土资源的空间分布现状及其阶段变化是灌区基础信息, 是进行灌区管理与规划必不可少的基础资料。以前, 灌区具体有多少耕地、有多少面积的水塘、有多少未开发土地这都是依靠实地调查、测量以及统计得来的, 面对多数地区的快速发展, 灌区内土地利用及水系渠网变化也很快, 依靠传统的调查与测量手段费时费力, 远远跟不上已经发生的变化, 有的灌区还用着数十年前甚至几十年前的测调数据, 显然与实际有很大出入, 有时需要人工估算, 这不太准确, 以至粮食产量、灌溉水量的计算无法平衡。近些年, 我国部分发达地区的灌区采用遥感与地理信息系统手段基本解决这些问题。

灌区的背景信息主要包括三个方面, 土地利用、河道渠系、生态环境。其实, 遥感在水土及生态环境资源调查方面的应用已经非常普遍, 应用化水平较高。相对于遥感在灌区其他方面的应用来讲, 这是最基本的。

灌区尺度土地利用现状及其变化遥感调查一般采用中、高分辨率的陆地资源卫星可见光多光谱波段影像, 比如 TM、SPOT、ASTER, 还有中巴资源卫星 CBERS 等, 都可以制作 10 万以上比例尺的土地利用专题地图, SPOT5 可以做到 1 万比例尺的, 想要更详细的调查资料可以采用如

* 收稿日期: 2005-09-28

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50239090, 50339050)资助

作者简介: 徐 美(1974-), 女, 宁夏青铜峡人, 工程师, 博士生, 主要研究方向为遥感与地理信息系统在水文水资源领域的应用。

QUICKBIRD、IKONOS 等高分辨率卫片或航片。目视判读与监督分类是最普遍的解译方法。选用多时相遥感影像进行解译可以获得土地利用变化信息。得到准确的灌区耕地分布及面积数据后,在对粮食产量、灌溉用水量进行核算的时候就不会有很大误差。另外,利用遥感对灌区局部或大面积开展耕地盐碱化、荒漠化等土地资源退化的调查与动态监测已经非常普遍。

灌区内河道、湖泊、坑塘、引水渠、排水沟的分布控制着灌区的灌溉系统,同样,这些相当于灌区命脉的灌排网也是变化着的,有些灌区的灌排系统分布图是靠测量得来的,而有些灌区的则是停留在示意图水平的阶段,不准确。由于水体在中红外波段强烈吸收的光谱特征以及河系渠道的线状几何特征,从中高分辨率遥感影像上非常容易识别这些地物,所以利用遥感手段制作灌区河渠灌排系统图简单、准确。可以根据解译结果,结合灌区地形资料、水文测量资料评估灌区区域内的地表水资源量。还可以利用可见光影像结合雷达影像对灌区地下水分布进行估算,这时需要休耕期的数据,因为作物生长期植被覆盖过高影响监测结果。另外,还可以通过监测灌区引水及排水处主河道水质,分析灌区对引水河道河段的水质影响。

灌区区域的生态环境背景是灌区气候、地形地貌、土壤及植被覆盖度等因素的综合反映,也就成为了决定灌区种植结构、作物质量产量的关键因素,利用遥感手段辅助解译生态环境各类影响因子,然后根据生态环境评价模型分析灌区区域的生态本底,辅助灌区发展决策与规划。

2 灌区农作物信息

2.1 作物种植面积及结构遥感调查

确定灌区作物种植结构及其面积是灌区的基础性工作,逐级统计和实地调查是长期以来普遍采用的传统方式。统计数据系统、全面但受人为因素影响偏差较大,实地调查数据比较详细、可信,但由于作物种植面积及其结构不断调整,实地调查费时费力,很难实现。遥感手段经济、快速、实时性强,再辅以部分地面测试数据,可以准确地监测灌溉面积及其结构。

农作物种植面积及结构信息主要服务于两个方面,一是进行农作物遥感估产,二是进行灌区灌溉需水量的计算。

进行农作物种植面积及种植结构调查要选择作物生长茂盛、影像上有明显反映的时期。如作物在拔节期至乳熟期,植被营养体生长壮大,生物量增加,叶面积指数和单位地表的叶绿素含量增加最多,绿度大,是遥感监测的最佳时期。作物识别和种植面积估算往往是结合在一起进行。为了识别不同的作物,应该选择各作物群体色调、结构差异最大的物候期,即选择作物光谱信息差异最大的时相,确定各类作物识别特征、解译标志后,然后量算他们各自的种植面积。从农作物识别目标来讲,具体采用的方法主要有图像分类法、专题信息提取法。图像分类方法是先对农作物按生长期不同分层,实地取样,确定作物识别特征,从各层抽出一定面积的样方作训练样本,直接从遥感信息中分出不同的作物类型,根据各层作物测量数据,按照分层抽样模型汇总出整个灌区农作物种植面积。专题提取方法是利用光谱特征曲线的规律建立单种作物提取模型,提取单种作物的种植面积,然后汇总。

进行农作物识别首先要弄清楚灌区有哪些种类的农作物,各种农作物的生长发育阶段,每种农作物在每个生长发育阶段的光谱特征。在数据条件允许的情况下,根据研究区的作物种植及其生长发育特征,对于光谱特征相似、容易混淆的作物,利用作物时间差,选择不同月份的遥感数据,分别分类提取单种作物的空间分布信息;假如只有一个时相的遥感影像,就要考虑作物间光谱特征、空间特征等方面的差异,最大可能的区分开不同的作物,这也是难度比较大的地方,

作物间混分的几率很高,宜采用逐级分层分类提取方法,详细分析作物间的差异,比如作物的生长阶段差、光谱反射率、种植习惯、灌溉制度、植被指数、叶面积指数等方面的差异,都可以用来作为作物识别的间接依据。另外,可以针对不同的目标选择不同的波段组合、采用不同的分类方法。

各种遥感信息源在空间分辨率、时间分辨率、覆盖面积及资料费用上相差很大,要选择合适的数据库。常用的包括:气象卫星(如 NOAA,周期短、覆盖面积大、资料易于获得、实时性强且费用低,适合宏观大范围动态的作物监测。但空间分辨率低,会遇到大量混合象元问题,影响精度)、LANDSAT TM/ETM(特点:空间分辨率较高,适于作为中小尺度区域提取农作物面积的信息源,精度较适合,但时间分辨率较低,加上云层的影响,实时的晴空资料难以获取,费用较高)、SPOT(特点:精度高,费用也高,且一景覆盖面积小,适于小范围内农作物面积调查)、航空影像(特点:灵活、分辨率高、调查精度高、费用高,只能局限于小范围区域,且难以周期性获得同一地区的航空像片,往往被用来与其它遥感信息源相配合作为样本区或精度检验的标准)、微波遥感(如加拿大的 RADARSAT,特点:微波能穿透大气圈,透过云、雨、雪、雾,可全天候探测地面目标,利用多时相雷达数据可以很好地提取作物种植面积,但费用昂贵)、高光谱遥感(如 MODIS,具有较高的光谱分辨率和时间分辨率,宜于识别出多种作物类型,但空间分辨率较低,最高 250 m,适于大、中型尺度的应用)。在灌区尺度上,宜采用高空间分辨率的卫星影像。

2.2 农作物长势监测

灌区农作物遥感监测主要是通过获取不同类型作物目标的光谱、植被指数、叶面积指数和生物量等信息来进行。农作物长势监测指对作物的苗情、生长状况及其变化的监测,利用红波段和近红外波段得到植被指数(NDVI),它与作物的叶面积指数和生物量正相关。作物的叶面积指数越高,单位面积的作物穗数就越多或作物截获的光合有效辐射就越大。NDVI 是农作物生长情况的综合反映,当太阳光照射在作物上时,在近红外波段形成一个反射峰,可见光波段形成一个吸收峰,农作物生长状况、活力不同,对光谱的吸收、反射能力不同,所以植被指数 NDVI 可以监测耕地作物的生长状况。

国内杨邦杰提出了遥感长势监测的评估模型和诊断模型,评估模型又分为逐年比较模型和等级模型。诊断模型是为田间管理服务的。国内外很多学者利用逐年比较模型的方法监测大范围作物的长势,所用的遥感数据主要是 NOAA/AVHRR。利用连续 10 d 获取的 AVHRR 图像通过取最大值的方法合成每旬的数据,可以尽可能消除云的影响,利用当年的 NDVI 图像与上年同期的 NDVI 图像比较,差值图像依差值大小分成 5 级:差、稍差、持平、稍好和好。长势监测对时间分辨率要求较高,所以最好采用气象卫星数据,而就目前的情况,MODIS 是灌区尺度作物长势监测的最佳数据源。

2.3 作物估产

农作物遥感估产始于 30 多年前美国开展的冬小麦估产,目前他们每年进行的全球农作物估产为美国在世界粮食贸易中获取了高额利润。欧盟也成功地建成了农作物估产系统。1979 年陈述彭先生最先向国内介绍并积极倡导开展农作物遥感估产。农作物遥感估产包括农作物的长势与产量趋势监测及产量的早期预报。"八五"期间,遥感估产成为国家科技攻关内容,开展小麦、玉米和水稻大面积遥感估产试验研究。

遥感数据反映了农学参数和环境因子。大量的研究分析了光谱数据与作物的干物质产量、叶面积指数等基本农学参数间的关系,或直接建立光谱数据与作物产量间的关系。光谱数据的使用以各种植被指数为主,如绿度值、比值植被指数、NDVI 和 PVI 等。作物产量构成主要有单位面积的作

物穗数、平均每穗的粒数和千粒重三个要素,穗数主要形成于作物开始生长到抽穗,此时植被指数与叶面积指数相关性非常高,环境因子如温度决定了粒数,灌浆期的长短决定了千粒重,可利用植被指数的衰减速率来表示。从产量三要素出发构建的估产模型的精度很高。

目前,我国用来估产多采用 NOAA 数据, LANDSAT/MSS/TM、RADARSAT 等数据辅助。遥感估产总的研究思路是总产量等于种植面积乘以单位面积产量,从种植面积和单产两个角度出发进行遥感估产。近年来,国内发展了一些遥感估算小麦、玉米、水稻单产的模型,如光谱估产模型、遥感植被指数模型、遥感动力模型等。吴炳方等利用每旬的 AVHRR 最大 NDVI 图像与上年同期数据对比实现全国范围的农作物遥感长势监测,在高精度耕地数据库的支持下,通过提取不同作物种植成数估算作物种植面积,种植成数用 TM 和多时相雷达数据分类以及线样区地面调查得到,通过对几千个已得到广泛应用的农业气象估产模型的评价、筛选、检验或重新标定,形成农业气象估产模型集。

3 农作物灾情遥感监测

在农作物的生长期中,常会遇到的灾情主要包括水淹内涝、干旱缺水、病虫害及低温霜冻等。目前,针对这些灾情,可以采用遥感的手段及时获得灾情信息,连续监测作物灾情发展状况,从而为救灾及灾情损失评估提供资料。

3.1 水淹内涝

遭遇强降雨又无法及时排水会造成农作物内涝,河渠决堤有可能会造成农作物受淹,不同作物以及同一作物在不同生育期的耐淹水深和耐淹历时是不同的,当水深及持续时间超过作物的忍受范围,就会对作物的正常生长造成影响,直接影响到作物产量与质量,一般地,减产是淹水深度与受涝持续时间的函数。利用遥感手段可以及时准确地确定内涝或受淹范围,指导排水工作,并能连续观测退水过程。在洪涝灾害灾情评估中,耕地范围发生的灾情是其中重要的一项,如果能有作物种植结构数据支持,就能准确地进行农作物灾情损失评估。可见光波段的中红外波段是水体的强吸收区,可被用来作为彩色合成影像的必选波段,这样水体反映非常明显。另外,雷达遥感数据对水的反应非常敏感,又具有全天候的观察能力,是提取水体信息的理想数据源。

3.2 干旱缺水

作物生长过程中因供水不足,会阻碍作物的正常生长而发生水量供应不平衡现象,即农田土壤含水量降低到影响农作物的正常生长发育,这就是农业干旱。传统的旱情监测方法,主要是根据有限的旱情测量站点测定土壤水分含量来监测土壤水分。遥感卫星能提供时空上连续的数据,所以非常适宜用于旱情监测,它能够弥补气象数据旱情监测的不足,及时监测旱情,指导灌区及时有效的灌溉。利用遥感监测旱情的方法主要是利用植被指数和陆地表面温度构建的旱情指标进行,常用到的指标包括土壤水分、作物缺水指数、农田蒸散、叶面缺水指数等指标。

蒸散与能量和土壤水分含量关系密切,当能量较高,土壤水分供给充足时,蒸散较强,冠层温度较低;反之,土壤水分亏缺时,蒸散较弱,冠层温度较高,因此可以把作物缺水指数(CWSI)作为植物根层土壤水分状况的估算指标,CWSI 越大,反映出供水能力越差,即土地越干旱,利用植被指数温度梯形理论,可以直接通过植被指数和热红外遥感资料定量反演地表反射率和温度以及太阳总辐射得到作物的缺水指数。

由于植被长势与土壤水分关系密切,干旱直接影响到作物生物量的积累、叶面积指数及覆盖度的增长,因此,根据植物的光谱反射特性进行波段组合,求得各种植被指数,进行不同时期作物的长势的比较,也成为遥感监测农业旱情的主

要途径,但植被指数对土壤水分的反应具有滞后性。

目前,全国农情遥感监测系统采用叶面缺水指数的方法监测农作物旱情。叶面缺水指数也称为归一化的水指数(NDWI),NDWI 被定义为近红外波段(NIR)反射率与短波红外波段(SWIR)反射率之差除以二者之和,可以很灵敏的反应植被冠层水的含量。

3.3 病虫害

在高温干旱地区,病虫害已经是影响农作物产量的主要因素。受到病虫害侵害初期的农作物,叶绿素结构开始遭到破坏,光谱特征有所变化,在遥感影像上反映快速、敏感,直接的反应就是红外反射率降低、植被指数降低,而如果是等到发现作物表象如叶黄、叶落、颜色发暗乃至枯死的时候,一般是农作物已经遭受到了严重的病虫害,这时再来预防为时已晚。所以采用遥感手段对作物病虫害进行定期监测,尤其是病虫害多发期,能提早预防,以免作物受到严重的侵害。另外,如果作物已经受到病虫害重创,可以采用遥感的方法进行大面积作物病虫害灾情评估、侵害严重程度分级等,主要是从作物的红外波段反射率异常而导致植被指数降低的方面进行。

3.4 冻害

主要包括隆冬季节过度严寒造成的冻害及春、秋季霜冻。北方处于严寒季节,主要的农作物就是冬小麦,严寒使冬小麦根部冻死,翌年春季返青受到影响,因生长量小,致使植被指数在较长的一段时期偏低,易于用遥感监测。冬小麦在春季遭受霜冻害后,活性降低,植被指数急剧下降,根叶不致冻死随后迅速回复,植被指数恢复,与未受冻害地区无差异,利用地面观测与遥感都很难判别,但花芽极不耐寒,受到影响,成熟时出现抽穗而无籽的“哑穗”、“白穗”,影响最终产量,所以必须使用实时或准实时数据对这种冻害进行监测,即要在冬小麦回复活性前及时获取并分析图像,配合地面观测可以迅速估计冻害的发生与范围。春、秋季霜冻受到影响的还有瓜果、蔬菜等作物,小面积分散种植,遥感监测不易。国内张晓煜研究宁夏主要作物霜冻遥感监测后,认为植被指数差值法适用于平流型霜冻的监测,温度指标法、冷谷面积法适用于辐射型霜冻和以晴天为主的混合型霜冻的监测。杨邦杰研究了山东省 1995 年 3~4 月份的冬小麦冻害遥感监测,所用的方法是 NOAA/AVHRR 的修正 NDVI 值与同期最低气温值和气象部门记录的冻害事件比较,该方法取得了较好的效果。

4 灌区水量平衡要素遥感估算

水资源的紧缺程度逐日加剧,对于灌区来讲,水资源的合理配置与利用效率已经成为头等大事。及时掌握灌区区域的降雨、作物蒸腾发、土壤含水量等水量平衡要素,根据农作物需水程度进行合理灌溉,不但能节省宝贵的水资源,还能提高作物产量。遥感技术的参与能在这些方面发挥较大的作用。

4.1 灌区降雨量遥感估算

灌区区域产生降雨后,能一定程度上替代灌溉的作用,究竟多大程度上缓解作物旱情,得根据降雨量的大小及其时空分布情况分析。区域降雨量一般都是根据雨量站计算的,如果灌区面积很大,区内地形地貌差异明显的话,降雨就不均匀,雨量站分布密度有限,根据这些点的降雨量推算整个灌区的面降雨量有时会非常不准确。遥感影像具有较高的空间分辨率,能得到在空间和时间上都是分布式的面降雨资料。一般用来进行降雨估算的遥感方法包括:利用可见光/红外遥感资料,可见光/红外遥感所获得的是云层顶部的红外图像,云的反射率常常用来区分薄的无降水的云团和厚的可能降水的云团,此方法的基本假定是降水与浓云特别是冷云层顶部有关,因为不是空间所有云区都降水,因而这种方法估计的降水空间范围一般都过大;利用雷达影像,根据微波辐射因子分析顶层存在于较厚的雨云中雨滴尺度冰粒的分散特征,观察到

的微波辐射强度大大低于地面背景,区分遥感信号同地面背景的特征,将微波辐射信号转化为降水速率,即导出 $Z-R$ (微波辐射因子-降水速率) 关系,即可估算瞬时降雨量。采用遥感的手段,结合天气雷达及雨量站观测资料进行参数率定和精度验证,能提高降雨量估算的精度。

4.2 作物需水量遥感估算

作物需水量指作物在适宜的土壤水分和肥力水平下,经过正常生长发育,获得高产时的植株蒸腾、棵间蒸发以及构成植株体的水量之和。实际计算中认为作物需水量在数量上就等于高产水平条件下的植株蒸腾量与棵间蒸发量之和(也称腾发量)。天气状况每年都是变化着的,所以作物的需水量也在变化。由于灌溉需水的弹性较大,且往往用水浪费现象十分严重,因而历史灌溉资料不能严格反映作物生长所必需的水量,即原始观测灌溉用水量与作物生长实际需水量之间并不完全一致。可以从两个方面来间接的进行作物需水量估算,一是通过遥感及气象状况估算太阳总辐射、作物吸收率、作物长势,判断作物种类等来计算出作物的蒸发蒸腾总量,然后对作物施以与计算所需相同的水量来进行灌溉;二是土壤湿度监测法,即通过遥感监测土壤湿度来估算土壤的水势,当土壤水势低于给定的作物下限值时,就开始灌溉。

4.3 土壤湿度监测

土壤水分是决定农作物产量的最重要的因素之一,及时掌握土壤含水量,可以判断植物的水分供应是否正常,是否发生了干旱,干旱程度如何等情况。常规的土壤水分测定方法在宏观大尺度的应用中存在以点代面的问题,而且较难给出土壤不同含水量区域之间的分界线。遥感土壤水分,就是利用地表反射的太阳辐射或本身发射的远红外、微波辐射的信息及变化规律推算土壤水分含量,这方面比较成熟的方法主要有:热惯量法、作物缺水指数法、植被指数法、热红外遥感和微波遥感法。

热惯量法:由于水的热惯量比土壤高,因此含水量较高的土壤昼夜温差较小,对于同一类型的土壤,其含水量越高,则热惯量就越大,二者之间存在正相关关系,土壤温度日较差可以由卫星遥感资料获得,当计算出热惯量以后,再根据实测的土壤湿度资料构造土壤含水量与土壤热惯量的关系模型,该方法基于统计学基础,估算精度较高,易于实现,适用于裸土和作物生长前期,对于植被覆盖较为复杂的地表误差相对较大。

作物缺水指数法:在前面农作物旱情遥感监测中讲到过,此处不再重复,只是此方法计算复杂,且需要地面气象台站提供参数,实时性不能保证;

距平植被指数法:当光照、温度条件变化不大时,水分供应程度成为作物生长的关键要素,水分供应充足,植被生长良好,反之生长变差,通过多年遥感资料累积,计算出常年距平参考文献:

平均植被指数,然后从当年旬植被指数与常年值的差异程度判断作物长势,进而判断出土壤含水量;

热红外遥感:影响红外影像色调的基本因素是红外辐射能量的强度,目标物体的热辐射强度取决于温度,因而,温度高,热图像显白色调,反之呈暗色调,土壤湿度与土壤温度之间存在着成因上的内在联系,基于这一原理,先用热红外通道资料反演地表温度,然后计算土壤中水分总量与地表温度之间的定量关系,可以推断出土壤湿度的时空分布规律,此方法仅考虑温度的影响,所以很不全面,故精度不是太高;

微波遥感法:微波遥感具有全天候、高精度等特点,是未来的土壤水分遥感监测发展方向,有被动微波法和主动微波法二种,对于被动微波法,在植被覆盖区,微波辐射测量土壤湿度的有效采样深度为 2~5 cm,且选择较长波长更具优越性,对于主动微波法,以应用 X 波段侧视雷达为主,方法主要是后向散射系数法,不同含水量土壤的微波后向散射系数不同,通过建立二者的关系计算土壤湿度,正确地选择雷达传感器参数,降低地表粗糙度的影响,也可以通过多频、多极化、多入射角数据建立模型,消除地表粗糙度的影响,提高雷达探测地表水分的精度,但微波遥感成本高。

4.4 其它应用

以上内容主要提到了遥感在灌区农业方面的典型应用,还有其它类型的应用正在被广大科研与生产人员逐步发现、探讨,如田淑芳等论证了热红外遥感技术探测种植玉米良种适宜积温地块的物理依据,探讨了实现这一目的的技术途径与方法,以监督彩色密度分割后的热红外辐射温度等级分布图为基础,建立了辐射温度与相应积温的对应关系,并结合多伦县的实际情况利用遥感方法对该区玉米良种适宜地块的分布进行了分析,为多伦县寻找种植玉米良种适宜积温地块提供了科学的依据,具有良好的应用效果。

5 展 望

遥感技术的发展体现在两个方面,一是遥感数据源获取能力的提高,二是遥感在各专业应用领域扩大及精度提高。本文以上的内容比较完整地介绍了它在灌区尺度各方面的应用方法,可以通过遥感手段提取的信息包括灌区背景水土资源信息、农作物信息及基本水量平衡要素信息。在这些应用方面,有的已经发展得比较成熟,比常规方法体现出更多的优势,基本可以替代常规方法,具备了业务化运行的基础,有的只是出于尝试阶段,潜力巨大。除了这些,随着遥感技术的进一步发展,将会有更多的应用途径。就目前情况来讲,遥感数据源种类及质量即数据源的获取能力发展较快,而它在灌区的应用水平相对落后,精度有待提高,今后需要加强遥感与各专业应用模型的链接,提高灌区现代化、信息化水平。

- [1] 吴炳方. 全国农情监测与估产的运行化遥感方法[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 23- 35.
- [2] 杨邦杰, 裴志远. 农作物长势的定义与遥感监测[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 214- 218.
- [3] 杨邦杰, 裴志远. 我国农情遥感监测关键技术研究进展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 191- 193.
- [4] 程一松, 等. 高光谱遥感在精准农业中的应用[J]. 应用与环境生物学报, 2001, 17(3): 193- 195.
- [5] 孙丽, 等. 遥感监测旱情的研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 202- 206.
- [6] 傅国斌, 刘昌明, 等. 遥感技术在水文学中的应用与研究进展[J]. 水科学进展, 2001, 12(4): 547- 557.
- [7] 张成才, 等. 遥感计算土壤含水量方法的比较研究[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(2): 69- 72.
- [8] 陈怀亮, 等. 遥感监测土壤水分的理论、方法及研究进展[J]. 遥感技术与应用, 1999, 14(2): 55- 65.
- [9] 邓辉, 等. 土壤水分遥感监测方法进展[J]. 中国农业资源与区划, 2004, 25(3): 46- 49.
- [10] 何玲, 等. 基于遥感信息预测土壤水分研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(2): 168- 171.
- [11] 齐述华, 等. 利用温度植被旱情指数(TVDI)进行全国旱情监测研究[J]. 遥感学报, 2003, 7(5): 420- 427.
- [12] 彭世彰, 等. 节水灌溉的作物需水量试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(2): 21- 25.
- [13] 陈乐湘, 等. 旱作物灌溉用水预测公式[J]. 水文, 2002, 22(6): 31- 33.
- [14] 谢春燕, 等. 节水灌溉方式下作物需水量和灌溉需水量研究综述[J]. 中国农学通报, 2004, 20(5): 143- 147.