

SAR 遥感技术在农业土地利用遥感调查的应用

黄明祥, 史舟, 李艳

(浙江大学环境与资源学院, 杭州 310029)

摘要: 成像雷达遥感全天候、全天时工作和穿透一些地物的特点, 以及独特的成像原理, 使其得以广泛的应用。该研究针对热点雷达数据 ERS-2, 以地处云量较多的杭州湾海涂围垦区为研究样区, 根据地物目标的时域散射特性, 采用分区分类策略, 对预处理后的多时相雷达数据进行农业土地利用类型分类。研究结果表明全天时、全天候的雷达遥感数据能够替代多光谱遥感数据进行农业土地利用遥感调查, 并显示出巨大的应用潜力。

关键词: SAR; 遥感; 农业; 土地利用; 调查

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)06-0133-05

0 引言

成像雷达遥感全天候、全天时工作和穿透一些地物的特点, 是其它光学成像遥感所无法相比的。目前, 雷达遥感在地质、生态、水文、海洋、城市与考古、金星探测等领域得到极其广泛的应用^[1]。

随着多极化、多频段、多时相卫星数据的获取, 进行农业土地利用识别、分类和长势监测成为雷达应用的一个研究方向。中国从 20 世纪 90 年代开始投入了大量资金开展相关研究, 如“九五”国家科技部重中之重(3S)项目—雷达遥感棉花监测分类及制图技术研究; “九五”863-308 项目—SAR 技术南方水稻长势监测与土地利用调查应用示范^[2], 以及国土资源部项目—雷达遥感对农用地状况监测实验性研究等。

目前, 商用星载雷达数据主要是加拿大的 RADARSAT 系列产品, 日本的 JERS 产品, 欧空局的 ERS-1 和 ERS-2 产品以及欧空局最新的 ENVISAT 雷达卫星数据。欧空局 1995 年发射的 ERS-2, 携带有多种有效载荷, 包括侧视合成孔径雷达和风向散射计等装置。由于 ERS-2 采用了先进的微波遥感技术来获取全天候与全天时的图像, 比起传统的光学遥感图像有着独特的优点, 已成为热点遥感数据源之一。

本研究以海涂围垦区为样区, 选用多时相的 ERS-2 PRI 产品为数据源, 经过几何纠正、影像配准、雷达噪声压制、假彩色合成、实验区分区后, 针对不同子区农业土地利用类型的复杂程度, 分别采用 ISODATA 非监督分类和 BP 神经网络分类器进行农业土地利用类型分类、分类后处理以及精度评价。

1 样区和材料

研究区(30°13'47"N, 120°38'32"E, 30°4'N, 120°51'53"E)(图 1), 位于杭州湾的南岸, 浙江省上虞市北端, 面积 26061 hm²。该区土壤主要由近代河海相沉积物堆积发育而成, 土壤质地以轻壤土或砂壤土为主, 反映土壤盐分含量的指标, 土壤电导率从老围垦区低于 2 dS/m 增加到新围垦区的 7.3 dS/m。气候属亚热带季风区, 年均温 16.5℃, 年降雨量 1300 mm。研究共选取 5 个时段的 ERS-2 PRI SAR 数据, 具体的接收时间见表 1。



图 1 研究区位置示意图

Fig 1 Location of the study areas

表 1 多时相 ERS-2 接收时间及轨道参数

Table 1 Received time and track parameters of multi-temporal ERS-2 SAR

类 型	接收时间/年-月-日	轨道号
ERS-2 PRI 数据	2000-05-28	26682
	2002-03-24	36201
	2002-08-11	38205
	2002-09-15	38706
	2002-10-20	39207

2 研究方法

本研究首先对多时相雷达图像数据进行预处理, 然后对处理后的雷达数据进行假彩色合成以及围垦堤信息提取, 然后根据围垦年代进行空间分区, 对不同子区采用不同的分类方法, 具体技术路线见图 2。

收稿日期: 2004-01-12

基金项目: 中德国际合作项目(BMBF-AZ39742); 国家自然科学基金(N0. 40001008); 浙江省科技计划重点项目(N0. 001110445)资助
作者简介: 黄明祥(1978-), 男, 硕士, 主要从事遥感和地理信息系统技术在农业上的应用研究。杭州 浙江大学环境与资源学院, 310029

通讯作者: 史舟, 副教授, 博士, 现为中国土壤学会土壤遥感与信息技术专业委员会主任, 中国农学会计算机农业应用分会理事。杭州 浙江大学农业遥感与信息技术应用研究所, 310029。

Em ail: shizhou@zju.edu.cn



图 2 研究采用的技术路线框图

Fig 2 Framework of the applied technological methods

2.1 ERS-2 PRI 产品预处理

本研究将多时相雷达卫星图像数据预处理分为如下几个部分: 原始图像研究样区提取; 从地形图上选取地面控制点进行几何校正及配准, 重采样后的像元大小与 ERS-2 PRI 产品的 12.5m × 12.5m 保持一致; 应用 5 × 5 几何滤波器 Gamma MAP 消除雷达噪声。

2.2 围垦堤提取和空间分区

将滤波后的多时相雷达数据进行假彩色合成, 本研究采用 2000 年 5 月、2002 年 3 月和 2002 年 9 月份的数据进行假彩色合成, 见图 3。然后对该假彩色图像进行目视解译, 提取研究区围垦堤的现状信息。将围堤叠合已经几何纠正后的假彩色图像, 并参考研究区实地调查资料确定围垦堤位置、修筑年份和围垦范围的变化(图 3)。

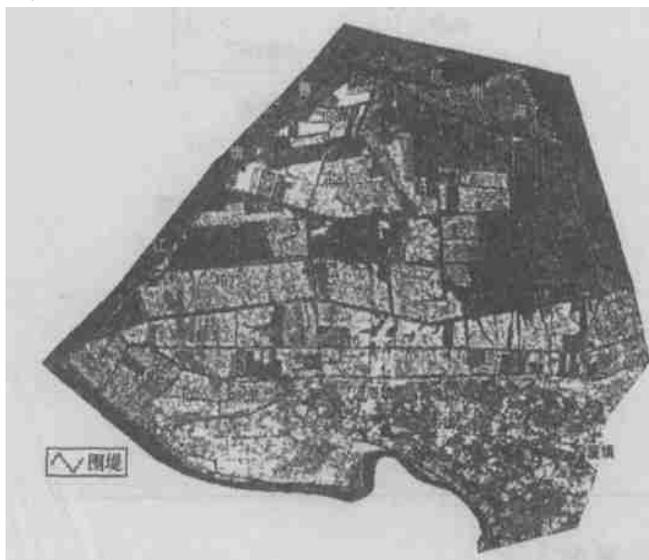


图 3 不同年份堤的变化情况

Fig 3 Dyke and endyked conditions in different years

样区内由于不同围垦历史和治理措施导致了农业土地利用类型的多样和复杂, 所以研究中将样区先划分为 6 个子区, 以便于农业土地利用类型分类。将海涂围

垦区外部划分为第 0 子区, 主要的土地利用类型是河流和滩涂。另外第 1 到第 5 子区根据围垦的年份划分: 围垦于 1969 年前的为第 1 子区; 1969~ 1981 年的为第 2 子区, 1981~ 1991 年的为第 3 子区, 1991~ 1996 年的为第 4 子区, 1996 年以后围垦的划分为第 5 子区(图 4)。这样, 先分区再细分类, 针对各区地类复杂程度, 采用不同的分类算法, 一方面可以提高整个研究区分类精度, 另一方面对农业土地利用类型简单的子区采用相对简单的算法可以节省图像处理时间^[3]。

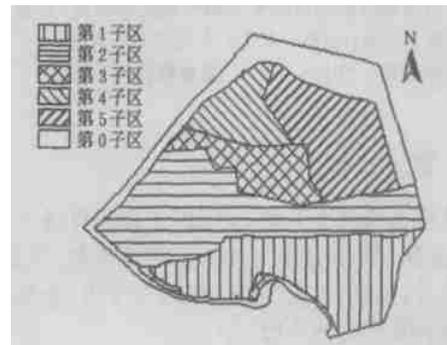


图 4 研究区空间子区的划分

Fig 4 Spatial sub-region dividing in the study areas

2.3 农业土地利用类型分类

2.3.1 农业土地利用遥感分类体系

根据样区特点, 并参考 Anderson^[4]的遥感土地覆盖和土地利用分类体系, 建立了修改后的农业土地利用遥感分类系统(表 2)。

表 2 农业土地利用遥感分类体系

Table 2 Remote sensed classification system for agricultural land use

类别 I	类别 II	类别 III
100 城镇或建设用地	110 居民点	
	120 道路或围垦堤	
200 农用地	210 耕地	211 棉田
		212 水稻田
		213 混合用地
	220 果园	
300 林地		
400 水域	410 河流或海湾	
	420 沟渠或池塘	
	430 养殖场	
500 贫瘠地	510 滩涂	
	520 裸露的盐碱地	

2.3.2 分类方法

雷达图像上斑点噪声的存在, 使得最小距离、最大似然法等传统的分类方法对雷达图像分类效果不佳。现大多采用上下文分类器、模糊逻辑分类器和神经网络分类器等进行雷达影像的分类。神经网络基本原理是受生物大脑的启发, 试图模仿人脑神经系统的组成方式与思维过程而构成的信息处理系统, 具有非线性、自学习性、容错性、联想记忆和可以训练性等特点。神经网络模型的处理能力主要由网络的拓扑结构和网络节点的功能所决定。理论上已证明, 只要具有一个隐层的神经网络

即可实现对任意实值的逼近, 实现任何非线性映射。收敛速度慢和局部极值等是神经网络算法存在的缺点。

本文在预先处理和分析的基础上, 对第 1 子区、第 2 子区、第 3 子区、和第 4 子区采用后向神经网络分类器(BP Neural Network), 而对第 0 子区和第 5 子区则采用 ISODATA 非监督分类器进行多时相农业土地利用类型分类。这样分区分类有利于提高总体分类精度, 也有益于缩短训练时间和加速神经网络收敛速度。

BP 神经网络由多个网络层构成, 其中包括一个输入层、一个或几个隐层、一个输出层, 层与层之间采用全互连接, 同层神经元之间不存在相互连接。BP 网络的学习过程由前向传播和反向传播组成, 在前向传播过程中, 输入模式经输入层、隐层逐层处理, 并传向输出层, 如果在输出层不能得到期望的输出, 则转入反向传播过程, 将误差值沿连接通路逐层反向传送, 并修正各层连接权值。对于给定的一组训练模式, 不断用一个训练模式训练网络, 重复前向传播和误差反向传播过程, 直至网络均方误差 (E_p) 小于给定值为止。前向传播的过程按(1)式进行, 反向传播过程按(2)、(3)进行^[5]。

节点输出

$$O_j = f(W_{ij} \times X_i - \theta) \quad (1)$$

式中 O_j ——节点输出; X_i ——节点输入; W_{ij} ——节点连接权值; f ——非线性作用函数; θ ——神经单元阈值。 f 非线性作用函数选取 S (Sigmoid) 型函数, 如 $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x/Q}}$ 式中 Q 为调整激励函数形式的 Sigmoid 参数。

权值修正

$$\Delta W_{ij}(n+1) = a \times E_i \times O_j + \eta \times \Delta W_{ij}(n) \quad (2)$$

式中 a ——学习因子(根据输出误差动态调整); η ——动量因子; E_i ——计算误差。

均方误差计算

$$E_p = 1/2 \times (t_{pi} - O_{pi})^2 \quad (3)$$

式中 t_{pi} —— i 节点的期望输出值; O_{pi} —— i 节点计算输出值。

ISODATA 分类方法的计算过程是先计算均匀分布在数据空间的类的平均值, 然后用最小距离法反复对剩下的像元进行聚类, 每一个往返过程都重新计算平均值并且重新用最小距离法对剩下的像元进行分类; 类的分割、合并、删除都是基于所输入的阈值; 所有像元都被归并到最近的类; 这个过程一直继续, 直到每一类的像元数变化小于所选择的像元变化阈值, 或最大的往返计算次数已经达到。

3 结果

3.1 围垦范围的变化

根据遥感提取的围垦堤(图 3)进行围垦面积统计(表 3)。20 世纪 60 年代以来, 当地就进行了大规模的围涂造田。1969 年以前, 样区中土地面积只有 5637 hm^2 。随后, 不断有新的滩涂被围垦, 特别是 1976 年和 1996 年分别围垦了 3698 和 4087 hm^2 。从 1969 年到 1996 年, 总围垦面积达 15668 hm^2 , 是最初土地面积的 4 倍, 为当地的工农业生产和城镇建设提供了大量的土地资源, 缓解了人多地少的矛盾。

表 3 不同年份累积的围垦面积

Table 3 Accumulative reclamation areas in different years

围垦年份	1969 前	1969	1970	1971	1974	1975	1976	1977	1981	1984	1991	1994	1996
围垦区域/ hm^2	5637	284	565	472	542	271	3698	1495	1601	747	1269	637	4087
累积围垦面积百分比/%	26	28	30	33	35	36	54	61	68	72	78	81	100

3.2 分类结果及精度检验

由于三层的 BP 神经网络可以任意逼近各种函数, 所以本文采用三层网络, 输入层、输出层和一个隐层。输入层的单元个数为多时相雷达影像个数 5, 输出层的单元个数为待分类农业土地利用的种类数 12, 隐层单元数目根据多次选择比较确定为 7。BP 神经网络结构确定后, 进行网络参数初始化, 其中学习因子为 0.1, 动量因子为 0.9, 最大的迭代次数为 1000, 神经单元阈值为 0.001, 最大归一化总体误差为 0.01。在假彩色合成(RGB 组成分别为 5 月、3 月和 9 月影像)图像上选取训练样本。将训练好的神经网络对 4 个子区进行农业土地利用分类, 而对子区域 0 和 5 采用的 ISODATA 非监督分类初始化参数中的最大叠代次数为 150, 空间类别数定为 10。

对分区分类后的专题图进行类别合并。鉴于雷达数据的斑点影响, 将整个研究区农业土地利用专题图进行 Sieve 和 Clump 处理, 最后得到农业土地利用分类图

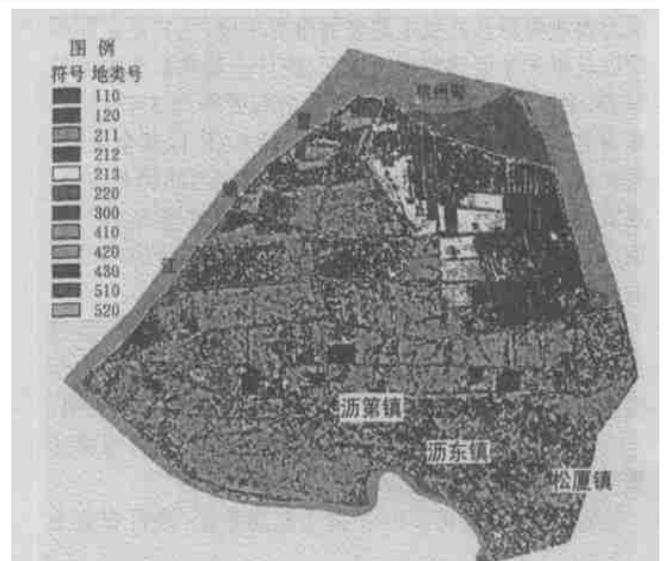


图 5 分类结果图

Fig 5 Results of land use cover classification

(图 5)。应用随机产生的精度检验点, 根据野外实地调

查和室内判读进行分类后的精度评价,评价结果见表 4。由分类的误差矩阵可以看出,分类总体精度为 77.34%,总体 Kappa 系数为 0.7358。海涂区的主要农作物(棉花和水稻)生产者精度和用户精度均较高。沟渠或池塘与养殖场之间存在混分。果园的生产者精度为 100%,然而用户精度只有 36%,说明有大部分果园被错分,主要是错分到混合用地中。居民点生产者精度较

低,说明有部分居民点漏分,其原因是沿道路两旁的居民点零碎,而且其中还夹种植着一些零星的棉花。研究区最外围的子区 0(曹娥江)以及子区 5,由于地类数少,直接采用非监分类就可以得到较好的分类结果,故几乎不存在漏分和错分现象。研究区内,只有新近围垦的区域(紧靠杭州湾)有部分荒滩涂和盐碱地,两类都存在一定的错分,而漏分较小。

表 4 分类误差矩阵

Table 4 Error matrix of classification results

土地覆盖 类型 ^[a]	参 考 数 据												行总和	用户精度/%	Kappa 系数
	110	120	211	212	213	220	300	410	420	430	510	520			
110	10	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	76.92	0.759
120	1	31	7	3	1	0	1	0	2	2	0	0	48	64.58	0.618
211	10	2	128	2	5	0	0	0	1	1	0	0	149	85.91	0.799
212	0	2	2	29	1	0	0	0	1	1	0	0	36	80.56	0.789
213	0	0	2	0	27	0	3	0	2	2	0	0	36	75	0.727
220	0	0	5	1	5	7	1	0	0	0	0	0	19	36.84	0.36
300	0	0	2	4	2	0	19	0	1	3	0	0	31	61.29	0.59
410	0	0	0	0	0	0	0	62	0	0	1	0	63	98.41	0.982
420	1	1	1	2	1	0	2	0	16	7	0	0	31	51.61	0.486
430	0	0	0	0	0	0	2	0	6	42	0	0	50	84	0.819
510	0	1	2	0	0	0	1	1	1	1	18	0	25	72	0.709
520	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	7	11	63.64	0.631
列总和	22	37	153	41	44	7	29	63	30	59	20	7	512	总体精度	总体 Kappa 系数
生产者精度/%	45.5	83.78	83.7	70.7	61.4	100	65.5	98	53.3	71	90	100	—	为 77.34%	为 0.7358

4 讨 论

随着 SAR 遥感原理和应用不断深入和发展,新型雷达的出现,如极化雷达、干涉雷达、聚束雷达以及曲线雷达等,雷达航向、距离向分辨率的不断提高,如 RADARSAT 和 ENVISAT 的 ASAR 精细模式数据已分别达到 8 m 和 12.5 m 的分辨率,而其数据价格不断下降。利用 SAR 监测农业资源利用及其变化情况,逐渐成为农业资源及其变更调查的重要手段,尤其是在那些难以获得光学遥感数据的地区。统计表明在农作物生长季节,中国北方多光谱遥感数据的有效率为 3%~5%,在南方这个比率仅为 1%~3%。而 SAR 以其全天时、全天候成像及对某些地物的穿透探测能力的优点,在对地观测领域中优势独特,其数据获取有效率为 100%,成为对时效要求较高的农业资源调查监测等应用的新的最佳选择。

本文针对热点数据之一的 ERS-2 雷达数据,经过预处理后,采用分区分类策略,对地处云量较多的杭州湾围垦区进行农业土地利用类型分类。研究结果表明:

1) 对光学传感器获取数据较难的地区,可用雷达数据代替,进行农业资源变更的调查和制图。

2) 选用合理的多时相雷达遥感数据,进行农业土

地利用类型分类及其变更调查是可行的。

3) 采用先分区再分类,根据土地利用的复杂程度,选取相应的分类器,可以提高分类精度和缩短运算时间。分区原则可根据当地自然条件、开发利用状况或行政分区等,结合遥感分类目标来确定。

[参 考 文 献]

- [1] 郭华东,等. 雷达对地观测理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 邵芸, 范湘涛, 刘浩. 基于目标时域散射特性的土地覆盖类型分类研究[J]. 国土资源遥感, 2001, 4: 40-49.
- [3] Shi Z, Wang R C, Huang M X. Detection of coastal saline land uses with multi-temporal landsat images in Shangyu City, China [J]. Environmental Management, 2002, 30 (1): 142-150.
- [4] Anderson J R, Hardy E T, Roach J T, et al. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data [R]. In Geological Survey Professional Paper 964. U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 1976.
- [5] 王三明, 蒋军成, 姜慧. 基于神经网络理论的系统安全评价[J]. 工业安全与防尘, 2001, 27(2): 27-30.

Application of SAR remote sensing to agricultural land use investigation

Huang Mingxiang, Shi Zhou, Li Yan

(Institute of Agricultural Remote Sensing and Information System, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract SAR remote sensing, with its advantages of cloud penetration, all-weather coverage, high spatial resolution, day/night acquisitions, and signal independence of the solar illumination angle, prevails for far-ranging application in many fields. In present study, based on the characteristic of the backscatter signatures of various targets as a function of time, multi-temporal ERS-2 SAR images were applied to classify agricultural land use in the often-cloudy coastal tideland reclamation region of Hangzhou Gulf, Zhejiang Province. After pre-processing the multi-temporal SAR images, different classification methods corresponding to the different spatial zones of the study areas were carried out. The study results show that SAR remote sensing, instead of multi-optical remote sensing, has great potential in the agricultural land use investigation.

Key words: SAR; remote sensing; agriculture; land use; investigation

中国农业工程学会农业水土工程专业委员会 第三届学术研讨会在沈阳召开

时间: 2004 年 8 月 16~ 18 日

地点: 辽宁省沈阳市·沈阳农业大学

一、会议概况

会议由中国农业工程学会农业水土工程专业委员会主办, 沈阳农业大学承办。有来自清华大学、武汉大学、浙江大学、中国农业大学、西北农林科技大学、沈阳农业大学、中国水利科学研究院、中国科学院地理与资源研究所、水利部农田灌溉研究所、国家节水灌溉北京工程技术研究中心等 30 个高校和科研单位以及北京天正通工贸有限公司、北京澳作生态仪器有限公司、北京沃特兰德科技有限公司的 118 位代表参加了会议。在会议开幕式上, 农业水土工程专业委员会主任、中国水问题研究中心主任康绍忠教授致开幕词, 沈阳农业大学校长张玉龙教授致欢迎词, 沈阳农业大学副校长兼中国农业工程学会副理事长李天来教授代表中国农业工程学会宣读贺信。

会议围绕农业节水理论与技术、水土资源可持续利用理论与对策、灌区节水改造与管理体制改革、东北经济振兴与水土资源条件与环境、设施农业与环境、土壤侵蚀与雨水利用等领域的问题进行了研讨。

在研讨会上, 中国工程院院士李佩成教授和国家自然科学基金委员会工程材料学部水利学科主任左强教授分别作了题为“论中国农业水土工程面临的新问题及其历史使命”和“近年来水利学科领域国家自然科学基金资助情况剖析”的特邀报告。另有 18 位与会代表作了大会报告。代表们围绕提交会议论文的主要学术观点进行了热烈的讨论。

本次学术研讨会共收到论文 140 余篇, 经编委会评审, 其中的 74 篇文章集中发表在《沈阳农业大学学报》第 5、6 期合订本上。

会议期间, 在沈阳农业大学水利学院院长王铁良教授、副院长何俊仕教授、迟道才教授带领下, 参观了该院野外试验场, 并参加了竣工剪彩, 参观了室内实验室, 和学院的老师进行了交流。与会代表对沈阳农业大学水利学院近年来农业水土工程学科的发展给予了高度评价。

本次学术研讨会的胜利召开, 增进了全国农业水土工程学科的科技工作者相互的感情, 加强了联系, 促进了学术繁荣, 为进一步促进建立农业水土工程专业委员会交流与协作平台奠定了基础, 必将对全国农业水土工程学科的进一步发展产生重要的推动作用。

(下转第 154 页)

Design and case study of the operational system of precision planting

Cheng Yisong, Hu Chunsheng, Chen Suying, Lei Yuping, Li Hongjun

(Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: According to agricultural characteristics in China and present precision agricultural development condition, it is feasible to regard county as the district dimensions to discuss the foundation technical and operational system of precision agriculture. The operational system of precision planting in Luancheng county was designed, and was put into practice in Luancheng County. The county observation network for precision planting was first established. Soil attribute and characteristics of yield spatial variability of the peasant household unit were analyzed. The basic frame of the county network service platform with the website guiding the county area precision planting to put into practice was put forward.

Key words: precision agriculture; operational system; observational network; spatial variability; internet platform

(上接第 137 页)

学术成果简况: 通过学术报告和讨论, 与会代表充分认识到, 我国水资源供需矛盾日益尖锐, 农业用水浪费严重, 水污染问题突出, 已成为严重制约我国国民经济可持续发展的瓶颈。发展节水农业是保障我国人口高峰期食物安全、水安全、生态安全及整个国家安全的重大战略。我国在节水农业方面取得了较大进展, 获得了一批高水平的成果。以后要通过申请国家自然科学基金, 加强对农业水土工程重大基础理论研究, 实现理论和技术上的创新, 为合理利用农业水土资源, 创造良好的农业水土环境提供科技支持。

二、专业委员会换届会议

会议期间, 召开了中国农业工程学会农业水土工程专业委员会换届会议。会议由中国农业工程学会专业委员会主任康绍忠教授主持, 有 48 名委员和代表参加了会议, 会议通过了中国农业工程学会批复的第二届专业委员会委员组成名单, 专业委员会主任委员

由康绍忠教授担任, 汪懋华院士等 6 名专家任顾问, 国家节水灌溉北京工程技术研究中心许迪教授级高工等 12 名专家任副主任委员, 宁夏大学马文敏教授等 59 名专家任委员, 西北农林科技大学胡笑涛讲师任秘书。会议一致建议增补缴锡云等 7 名在国内有一定影响的学者专家担任委员。康绍忠教授代表第一届委员会作了工作报告, 全体代表对前一届工作给予了充分肯定, 用掌声对他们为专业委员会做出的辛勤工作表示了衷心感谢。

新一届专业委员会就未来工作的开展进行了发言和讨论, 一致同意继续大力开展学术交流活动, 紧密联系国内同行专家和国外学者, 团结全国最广泛的农业水土工程科技工作者, 共同推动了我国农业水土工程学科的发展。各位委员还就制度建设和会员发展等问题进行了讨论, 有待进一步形成共识。

(中国农业工程学会农业水土工程专业委员会)